

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1949

THESE

N° 801

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Pierre COZANET

Né le 30 Avril 1922, à Morlaix (Finistère).

Présentée et soutenue publiquement le **4 JUL 1949** 19..

ETUDE VECTOGRAPHIQUE
DE
L'INFARCTUS DU MYOCARDE

Président : M. DONZELOT, Professeur.

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1949

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Nom du Candidat : **COZANET.**

Prénom : **Pierre.**

Date de soutenance :

Numéro d'ordre

(Ces deux mentions seront complétées par le Service de la Bibliothèque).

COZANET (Pierre) - Etude vectorielle de l'infarctus du myocarde. — Paris, Imp. R. Foulon, 1949, in-8°, 79 p.

(Thèse Médec. (Etat), Paris 1949, N°).

COZANET (Pierre) - Etude vectorielle de l'infarctus du myocarde. — Paris, Imp. R. Foulon, 1949, in-8°, 79 p.

(Thèse Médec. (Etat), Paris 1949, N°).

COZANET (Pierre) - Etude vectorielle de l'infarctus du myocarde. — Paris, Imp. R. Foulon, 1949, in-8°, 79 p.

(Thèse Médec. (Etat), Paris 1949, N°).

COZANET (Pierre) - Etude vectorielle de l'infarctus du myocarde. — Paris, Imp. R. Foulon, 1949, in-8°, 79 p.

(Thèse Médec. (Etat), Paris 1949, N°).

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1949

THESE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Pierre COZANET

Né le 30 Avril 1922, à Morlaix (Finistère).

Présentée et soutenue publiquement le 19..

ETUDE VECTOGRAPHIQUE
DE
L'INFARCTUS DU MYOCARDE

Président : M. DONZELOT, Professeur.

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1949



DOYENS HONORAIRES :

MM. Balthazard, Baudouin

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. Aubertin, Balthazard, Basset, Baudouin, Brindeau, E. Brumpt, Carnot, Chevassu, Chiray, Clerc, Delbet, Guillaïn, Hartmann, Heitz-Boyer, Laignel-Lavastine, Laubry, Lemierre, Lhermitte, Loeper, Marion, Mathieu, Mulon, Ombredanne, Rouvière, Sannié, Sébilleau, Sézary, Tanon.

DOYEN. Léon BINET
Membre de l'Institut

ASSEESSEUR Jean VERNE

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie.	OLIVIER (E.)
Anatomie pathologique.	LEROUX (R.)
Assistance Médico-Sociale	N...
Bactériologie	GASTINEL (P.)
Biologie médicale.	VERNE (J.)
Chimie médicale	POLONOVSKI (M.)
Clinique de cardiologie	DONZELOT (E.)
Cliniques chirurgicales	BROCQ (P.)
	CADENAT (F.-M.)
	MONDOR (H.)
	QUENU (J.)
	N...
Clinique chirurgicale infantile et d'orthopédie ..	MERLE D'AUBIGNE (R.)
Clinique chirurgicale orthopédique	MOCQUOT (P.)
Clinique gynécologique	GOUGEROT (H.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques ..	DEBRE (R.)
Clinique des maladies des enfants	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies infectieuses	DÉLAY (J.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale .	CHEVALLIER (P.)
Clinique des maladies du sang	ALAJOUANINE (T.)
Clinique des maladies du système nerveux	BENARD (H.)
Cliniques médicales	LAROCHE (G.)
	HARVIER (P.)
	LIAN (C.)
	PASTEUR VALIERY-RADOT (L.)
Clinique médicale propédeutique	PETIT-DUTAILLIS (D.)
Clinique de Neuro-chirurgie	LANTUEJOUL (P.)
Cliniques obstétricales	LEVY-SOLAL (E.)
	PORTES (L.)
	VELTER (E.)
Clinique ophtalmologique	LEMAITRE (F.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	RICHET (C.)
Clinique physio-pathologique des problèmes alimen- taires (<i>chaire à titre personnel</i>)	HEUYER (C.)
Clinique psychiatrique infantile	LELONG (M.)
Clinique de puériculture	DECHAUME (M.)
Clinique stomatologique	SENEQUE (J.)
Clinique thérapeutique chirurgicale	CHABROL (E.)
Clinique thérapeutique médicale	BERNARD (E.)
Clinique de la Tuberculose	FEY (B.)
Clinique urologique	GIROUD (A.)
Embryologie	BARIETY (M.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	CHAMPY (C.)
Histologie	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CATHALA (J.)
Hygiène et clinique de la première enfance . .	JOANNON (G.)
Hygiène et médecine préventive	DESOILLE (H.)
Médecine du Travail	PIEDELIEVRE (R.)
Médecine légale	

	MM.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	DE GAUDART D'ALLAINES (F.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LEMAIRE (A.)
Pathologie médicale.	MOREAU (R.)
Pathologie et thérapeutique générales	DE GENNES (L.)
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD (R.)
Physiologie.	BINET (L.)
Physique médicale.	STROHL (A.)
Radiologie médicale.	DESGREZ (H.)
Rhumatologie.	COSTE (F.)
Technique chirurgicale.	MOULONGUET (P.)
Thérapeutique.	TURPIN (R.)

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

MM. BULLIARD (*Histologie*), CORDIER (*Anatomie*), DOGNON (*Physique médicale*), HALPHEN (O. R. L.), JAYLE M. (*Chimie médicale*),
Mlle J. LEVY (*Pharmacologie*).

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.		MM.
Anatomie	{ N... DELMAS. N. ff DEBEYRE.	Pathologie chirurgicale. { PADOVANI. PATEL. ROUX. RUDLER. SICARD. N...
Anatomie pathologique .	{ DELARUE Mlle GAUTHIER- VILLARS.	Pathologie expérimentale. MERKLEN.
Bactériologie. .	{ BONNET. FASQUELLE.	
Biochimie méd.	{ ETTORI. SCHAPIRA.	
Dermato-syphilligraphie .	DEGOS.	
Histologie	{ COUJARD. DESCLAUX.	Pathologie médicale . . . { BROUET. CACHERA. DECOURT. DREYFUS (Gilbert). FAUVERT. GARCIN. HAMBURGER. KOURILSKY. LAMY. LENEGRE. MARCHAL. MAURIC. SOULIE.
Hydrologie	DEBRAY.	
Hygiène	{ BOYER. DEPARIS.	
Médecine légale	DEROBERT.	
Neuro-chirurgie	PUECH.	
Neurologie . . .	DE SEZE.	
	{ DIGONNET. MAYER. SUREAU. VARANGOT.	Pédiatrie { LAPLANE. MARIE (Julien).
Obstétrique . . .		Pharmacologie . CHEYMOL.
		Physiologie . . . { BARGETON. PARROT.
Ophtalmologie .	OFFRET.	
Oto-rhino-laryngologie .	AUBIN.	Physique médicale . . . DJOURNO.
Parasitologie ..	BRUMPT L-G.	Psychiatrie . . . BARUK.
Pathologie chirurgicale. .	{ FEVRE. HUGUIER. LEGER.	Thérapeutique Agr. ch. d'ens. . BROUET.
		Urologie COUVELAIRE R.

III. — PROFESSEURS HONORAIRES ET AGREGÉS RAPPELES A L'EXERCICE POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM. BASSET (*Pathologie chirurgicale*), BRINDEAU (*Obstétrique*),
GATELLIER (*Clinique chirurgicale*), HUGUENIN (*Anatomie pathologique*),
LE LORIER (*Obstétrique*), VAUDESCAL (*Obstétrique*).

IV. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES
CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE
à titre permanent.

	MM.		MM.			
Clinique chirurgicale	{	AMELINE. FUNCK- BRENTANO. MENEGAUX.	{	ECALLE. LACOMME.		
Clinique médicale		{		BOULIN. HAGUENAU. MOUQUIN.	{	ophthalmologique RENARD.

MM.

Secrétaire de la Faculté J. MOREL.
Secrétaire-adjoint Mlle CHAINTREUIL.

Bibliothécaire en Chef .. D^r A. HAHN.

Bibliothécaires Mlles DUMAITRE, GOICHON, LAURENT.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

*En témoignage de profond
amour filial.*

A MES SŒURS ET MON FRÈRE

A MA FAMILLE

AUX DOCTEURS ROBERT MASSE ET JEAN BARDON

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR E. DONZELOT

Membre de l'Académie de Médecine
Professeur de Clinique Cardiologique
à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin des Hôpitaux
Chevalier de la Légion d'Honneur

*Qui nous a fait le grand hon-
neur d'accepter la présidence de
notre jury de thèse. Nous avons
toujours trouvé dans son service
la sollicitude la plus grande et la
plus parfaite compréhension.*

Hommages respectueux.

AU DOCTEUR HENRI KAUFMANN

Médecin-Assistant des Hôpitaux de Paris

*Qui nous a suggéré le sujet de
cette thèse et aidé de ses précieux
conseils.*

*Qu'il veuille bien croire à notre
profonde reconnaissance pour la
bienveillance qu'il nous a toujours
témoignée.*

AU PRIVAT DOCENT DOCTEUR J.-B. MILOVANOVICH

Privat Docent de l'Université de Belgrade
Chargé du Laboratoire de Recherches Vectographiques
de la Clinique Cardiologique Broussais-La Charité

*Dont les beaux travaux sont à
l'origine de cette thèse.*

*Qu'il croie à notre gratitude et
qu'il reçoive nos remerciements
pour l'aide qu'il nous a apportée.*

AU DOCTEUR PIERRE BARDIN

Médecin-Assistant des Hôpitaux de Paris

*Auquel nous devons nos premiers
éléments de cardiologie.*

*En reconnaissance pour l'ensei-
gnement éclairé qu'il nous a tou-
jours donné.*

A NOS MAITRES DANS LES HOPITAUX

MONSIEUR LE PROFESSEUR CADENAT.

MONSIEUR LE PROFESSEUR JUSTIN-BESANÇON.

MONSIEUR LE PROFESSEUR LEVEUF.

MONSIEUR LE PROFESSEUR TROISIER.

MONSIEUR LE DOCTEUR HUBER.

MONSIEUR LE PROFESSEUR GOUGEROT.

MONSIEUR LE DOCTEUR MARCHAND.

MONSIEUR LE DOCTEUR PAUL BANZET.

MONSIEUR LE DOCTEUR GUY ALBOT.

MONSIEUR LE DOCTEUR A. TOURAINE.

INTRODUCTION

Depuis près d'un siècle, date à laquelle KÖLLIKER et J. MÜLLER, pour la première fois en 1856, découvrirent l'existence des courants électriques contemporains de l'activité périodique du cœur, un nombre considérable de travaux a été consacré dans le monde entier aux passionnants problèmes qui en découlent.

Après WALLER qui, en 1887 [1], réalise le premier enregistrement indirect de l'activité électrique du cœur chez l'homme (électromètre capillaire), EINTHOVEN, en 1895 [2], jette les premières bases de l'électrocardiographie moderne, bases immuables dont le bien-fondé nous fait aujourd'hui encore admirer sa prodigieuse lucidité; quelques années plus tard, au moyen de son électromètre à corde, il parvient à enregistrer les premiers électrocardiogrammes (1903) [3] tels que nous les connaissons actuellement.

A la suite de ces premiers travaux, deux voies principales ont été successivement suivies : celle de l'étude des troubles du rythme, qui a longtemps occupé la première place, et celle de l'étude des lésions myocardiques, actuellement considérée comme l'un des problèmes fondamentaux de la cardiologie moderne.

Nous rappellerons, à ce propos, bien que la somme la plus importante des travaux effectués sur l'infarctus du myocarde et les coronarites soit récente, que dès 1918 HERRICK et F.-M. SMITH [4-5] liaient les artè-

res coronaires chez les chiens et en étudiaient les effets électriques; que seulement deux années plus tard, PARDEE [6], nous donnait les premières descriptions fondamentales de l'infarctus du myocarde chez l'homme.

C'est surtout depuis cette époque, c'est-à-dire depuis trente ans, que la clinique de l'infarctus du myocarde s'est trouvée considérablement aidée; elle repose aujourd'hui sur des bases solides. En effet, les méthodes d'exploration et d'enregistrement des vecteurs électriques du cœur ont été chaque année plus poussées et la cardiologie a pu s'enorgueillir chaque fois de diagnostics plus détaillés et plus sûrs.

Mais à côté du courant, suivi par les écoles étrangères (ROSENBAUM [9], HECHT, COTRIM, de OLIVEIRA, BURCH [11]) et françaises (C. LIAN, P. SOULIÉ [14], A. JOUVE [13]), qui faisait que l'on s'efforçait de préciser les images électriques tirées des méthodes d'explorations classiques, électrocardiographie d'EINTHOVEN, puis dérivations précordiales multiples et unipolaires des membres (WILSON, JOHNSTON, MAC LEOD et BARKER (1934) [9]; E. GOLBERGER (1942) [10]), d'autres auteurs mettaient au point des méthodes d'exploration plus cohérentes qui devaient amener des résultats plus précis et meilleurs.

C'est ainsi, qu'à côté de l'électrocardiographie classique, on s'est occupé de définir le gradient ventriculaire (WILSON); et surtout de créer la vectographie spatiale.

Le premier, H. MANN avait réalisé le monocardio-gramme [7], courbe synthétique pouvant représenter en un seul tracé les électrocardiogrammes des trois dérivations d'EINTHOVEN.

Après SAVJALOFF (1929) [8] (stéréo-électrocardiographie), F. SCHELLONG [15] réalise en 1936 la synthèse spatiale tridimensionnelle, théorie séduisante que vont suivre successivement SULZER et DUCHOSAL [16] (sté-

réogramme), VASTESAEGER et ROCHET [17] (stéréocardiovectographie), J.-B. MILOVANOVICH et P. CANTONNET [18] (électrocardiovectographie spatiale).

On peut dire que si presque toute l'électrocardiographie classique s'est surtout perfectionnée aux Etats-Unis, c'est en France que la vectographie s'est le plus récemment développée et nous citerons principalement dans cette thèse les travaux effectués, pour leur majeure partie dans le service de notre Maître le Professeur E. DONZELOT, par le privat-docent Docteur J.-B. MILOVANOVICH; E. DONZELOT et J.-B. MILOVANOVICH ont ainsi consacré des études à la vectographie spatiale, frontale et horizontale et à l'électrocardiographie vectorielle [19], études rendues possibles grâce aux conceptions originales de J.-B. MILOVANOVICH et réalisées par l'ingénieur P. POURET.

Toute la pathologie cardiovasculaire bénéficie aujourd'hui de ces travaux et le clinicien a désormais la possibilité, avec une certaine habitude de lecture, de préciser une hypertrophie ventriculaire, la nature totale ou partielle d'un bloc de branche droit ou gauche, l'origine des extrasystoles, etc.

Le but de ce travail est d'essayer de montrer dans quelle mesure et à quel degré le diagnostic de l'infarctus du myocarde dans sa genèse, son évolution, ses séquelles, doit à ces recherches électrophysiologiques.

Nous laisserons de côté le vaste chapitre des affections coronariennes, scléroses coronariennes à marche lente, constituant en bloc ce que LAUBRY et SOULIÉ [20] appellent l'insuffisance coronaire, pour n'étudier que l'accident thrombotique rapide et brutal, créant une ischémie régionale plus ou moins étendue et mutilante : l'infarctus du myocarde.

Si l'infarctus du myocarde, dans sa forme classique reproduisant uniquement l'état de mal angineux hyperalgique, peut être facilement soupçonné par l'in-

terrogatoire (intensité de la douleur, fièvre), peut être diagnostiqué par l'examen du malade (T. A. effondrée, frottement péricardique, bruit de galop), peut être confirmé par des examens de laboratoire (modifications hémodynamiques [21], modifications humorales [22], radioscopie), et peut à la rigueur se passer d'examen électrique, combien nous rencontrons de formes cliniques pour lesquelles un électrocardiogramme ou un vectogramme permettent seuls d'affirmer la lésion myocardique, sa localisation, son étendue, sa limite exacte, alors que l'examen clinique le mieux conduit n'eut pu seulement que le soupçonner.

Notre thèse est destinée à montrer à propos de l'infarctus du myocarde, comment l'électrocardiographie classique et la vectographie spatiale s'épaulent l'une l'autre et comment le diagnostic vectographique est plus simple, plus précis et plus sûr que le diagnostic électrocardiographique classique.

Bien que dans le service de notre Maître, le Professeur E. DONZELOT, nous ayons pu observer de nombreux tracés électriques, cette thèse constituera plutôt une mise au point des idées que l'on possède sur l'examen électrique du cœur qu'elle ne sera le fruit de l'analyse de nombreux tracés; mais nous pensons que, même à ce point de vue, l'effort de systématisation que nous nous efforçons de faire ne sera pas inutile.

REPRÉSENTATION VECTOGRAPHIQUE DES BASES FONDAMENTALES DE L'ÉLECTROCARDIOGRAPHIE

Tout muscle qui travaille, nous le savons, tout tissu vivant en activité produit un courant d'action. Le cœur, organe moteur par excellence, va transmettre à la surface des téguments par les différents tissus ces courants d'action qui vont pouvoir être enregistrés grâce à des précautions techniques appropriées.

Mais de quelle façon pouvons-nous étudier ces phénomènes électriques liés à l'activité cardiaque ?

Nous avons deux méthodes scientifiques à notre disposition :

- l'électrocardiographie classique;
- la vectographie spatiale.

Nous résumerons tout d'abord brièvement les bases électrophysiologiques de l'électrocardiographie pour en étudier plus longuement ensuite la représentation vectographique spatiale; de cette façon, il nous sera possible de nous rendre compte des rapports étroits unissant l'une et l'autre de ces deux méthodes.

L'ELECTROCARDIOGRAPHIE CLASSIQUE

L'on sait que EINTHOVEN, qui parvint le premier (1903) à enregistrer les électrocardiogrammes (E. C. G.) d'une manière correcte, eut l'idée, de considérer d'une

part la masse cardiaque comme située au centre d'un triangle équilatéral, d'autre part les tissus comme formant un milieu conducteur homogène et de choisir pour sommets de ce triangle équilatéral trois points de dérivation tels que le bras droit, le bras gauche et les deux jambes court-circuitées entre elles du sujet. Il obtenait ainsi trois dérivations :

- première dérivation : bras droit, bras gauche;
- deuxième dérivation : bras droit, jambes;
- troisième dérivation : bras gauche, jambes;

à partir desquelles l'on pouvait observer des tracés analysant les phénomènes électriques cardiaques dans un seul plan, le plan frontal; il en résultait aussi que toutes les forces électriques orientées perpendiculairement à ce plan étaient sans traduction électrocardiographique dans ces dérivations périphériques D_1 — D_2 — D_3 .

Les chercheurs y ont alors remédié et successivement sont apparues les dérivations unipolaires des membres VL, VR, VF de WILSON [9], aVL, aVR, aVF de GOLDBERGER [10], surtout les dérivations précordiales multiples (E. DONZELOT et M. PELAEZ (1938), qui, les premiers, ont orienté les déflexions précordiales comme il est devenu habituel de le faire selon le standard anglo-américain établi ultérieurement; WILSON, JOHNSTON, HETCHT, COTRIM, de OLIVEIRA et BARKER (1944); SOULIÉ, JOLY et MONIÉ [9-10-14-23]); dérivations xyphoïdiennes (KOSSMANN et JOHNSTON (1935) [24]; PARDEE (1947) [25]; SOULIÉ et LAHAM (1948) [26]); dérivations intracavitaires (LENÈGRE et MAURICE [27]; BATTRO et BIBOGGIA [28]; PALLARÈS [29]; KOSSMANN [30]; COEHLO [31]), permettant, contrairement aux dérivations standard et unipolaires des membres, de recueillir les courants d'action du cœur, non seulement dans le plan frontal mais directement sous

l'électrode; et l'infarctus du myocarde est dans la pathologie cardiaque l'affection qui a certainement le plus profité de ces récentes acquisitions.

Mais si ces nouvelles connaissances dans le domaine de l'électrocardiographie ont surtout permis un diagnostic topographique plus précis, le tracé électrocardiographique lui-même n'en a demeuré pas moins monomorphe et se présente aujourd'hui tel qu'il était apparu aux yeux des premiers observateurs. C'est pourquoi, avant d'aborder les perturbations électriques produites par l'infarctus du myocarde, il est nécessaire de connaître et de savoir analyser chaque complexe de l'électrocardiogramme normal; de celui-ci découlera ensuite d'une façon extrêmement simple la genèse de la boucle vectorielle spatiale.

QUE REPRÉSENTE EN FAIT UN ÉLECTROCARDIOGRAMME ?

Les explorations électriques du cœur ont pour but d'enregistrer les variations de potentiel développées dans le cœur à chaque contraction. Un électrocardiogramme est ainsi l'enregistrement des différences de potentiel entre deux points. L'expérience montre que les différences de potentiel successives répondent : d'abord, à une variation importante et rapide, puis à une autre variation moins marquée et plus lente, le tout se traduisant sur le tracé par une onde rapide et une onde lente.

Pourquoi observe-t-on ces deux types successifs de potentiel ? Il est évidemment capital de le savoir puisque ce sont les anomalies de ces deux ondes que nous allons rencontrer dans l'infarctus du myocarde.

Parmi les très nombreuses théories invoquées, deux surtout sont retenues actuellement, la théorie de la membrane de BERNSTEIN et la théorie du dipôle [12].

Elles sont d'autant plus importantes à rappeler que leur description elle-même ne reste pas étrangère à l'idée d'expliquer les perturbations électriques provoquées par les lésions myocardiques.

Ce sont surtout les auteurs anglo-américains (WILSON, JOHNSTON, BURCH [11] et E. CABRERA [12]) qui ont fait appel à ces deux théories pour mieux faire comprendre l'électrocardiogramme ; nous rappellerons brièvement comment ils les exposent.

Théorie de la membrane de BERNSTEIN :

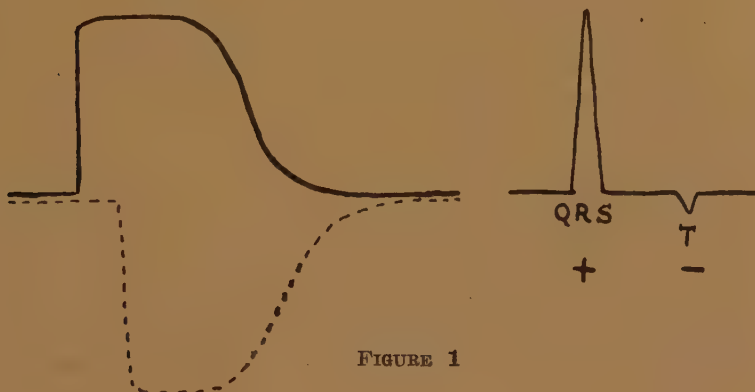
Nous savons que tout tissu vivant quelconque, toute cellule au repos présente une polarité : les ions positifs et négatifs sont également répartis, les premiers à l'extérieur, les seconds à l'intérieur de la membrane et ne peuvent la traverser : de ce fait l'équilibre est parfait.

Si maintenant l'on excite cette cellule en un point, il va se créer une brusque chute d'équilibre entre les charges positives et négatives. Ces dernières vont traverser la membrane qui devient elle-même électro-négative : il se produit ce que l'on appelle une dépolarisation. Puis à mesure que le retrait de l'excitation avance, il se constitue un regain d'équilibre jusqu'à repolarisation complète, le tout se caractérisant sur le tracé par une onde monophasique.

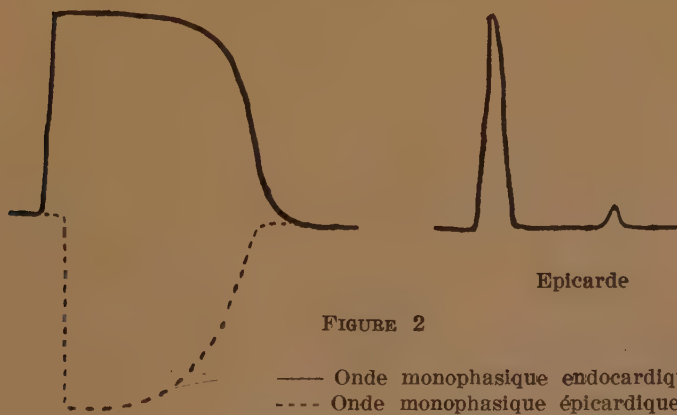
En enregistrant dans le même moment au moyen d'une seconde électrode un autre point de la cellule ou de la fibre musculaire, nous obtenons une seconde onde monophasique égale à la première, mais présentant un certain retard sur elle.

Le tracé final montre une onde diphasique résultant de la différence existant entre les deux ondes monophasiques ou étant égale à la somme algébrique des deux ondes monophasiques de sens opposé ; la pre-

mière onde correspondant à l'onde rapide de dépolarisation, la seconde à l'onde lente de récupération.



Au niveau du cœur humain, l'enregistrement du courant d'action produit par la contraction du myocarde va montrer cette courbe diphasique. Nous savons, en effet, que la dépolarisation commence à l'endocarde



pour se terminer à l'épicarde, mais ici, sans doute sous l'effet du gradient de pression à l'intérieur du ventricule, la courbe monophasique endocardique a une durée

supérieure à celle de l'épicarde, d'où inégalité des deux courbes : c'est pourquoi l'onde définitive de récupération se trouve de même sens que l'onde définitive de dépolarisation. Les surfaces de prépondérance de l'onde rapide et de l'onde lente ne sont pas égales, il existe un gradient ventriculaire.

Théorie du dipôle :

La morphologie de cette courbe diphasique normale produite soit par l'activation d'une fibre musculaire, soit par la contraction cardiaque, a été démontrée à la lumière d'une autre théorie, la théorie du dipôle.

L'on sait que dans un milieu conducteur, toute différence de potentiel entre deux points donne lieu à un dipôle. Il va ainsi se créer à mesure de la progression de la dépolarisation ou de la récupération entre un point activé et un autre non activé, autant de différences de potentiel d'où autant de dipôles dont la valeur va être différente à chaque instant. Il a été établi que ces dipôles avaient leur pôle positif en avant lors de la dépolarisation, leur pôle négatif en avant lors de la récupération.

A la lumière de cette donnée, un dipôle d'activation détermine la positivité du point vers lequel il se dirige, sa négativité lorsqu'il s'en éloigne, d'où courbe diphasique comprenant une onde rapide positive et une onde lente négative lorsque le processus d'excitation s'approche du point exploré; et courbe diphasique comprenant une onde rapide négative et une onde lente positive lorsque le processus d'excitation s'éloigne du point exploré.

Au niveau du cœur humain, la théorie du dipôle explique le complexe normal électrocardiographique. En effet, l'activation ventriculaire se dirigeant de l'endocarde vers l'épicarde, le dipôle de dépolarisation s'avance avec son pôle positif en avant, d'où l'onde

rapide positive à l'épicarde, et l'onde rapide négative à l'endocarde.

Mais, dans le cœur humain, l'onde de dépolarisation étant plus lente, la récupération se dirige ici de la région épocardique vers l'endocarde, de sorte que le dipôle de dépolarisation s'avance avec son pôle positif en arrière et son pôle négatif en avant, d'où l'onde lente positive à l'épicarde et l'onde lente négative à l'endocarde.

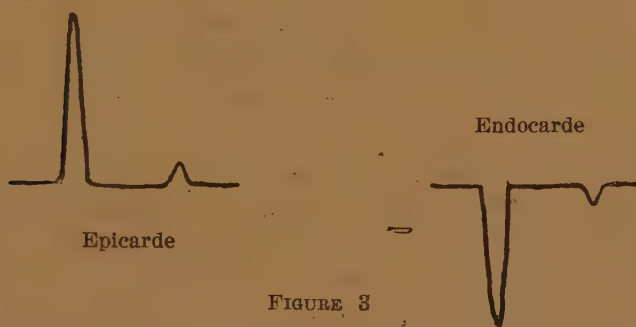


FIGURE 3

A côté de ces deux théories, une troisième doit être citée, celle de l'angle solide : elle ne vise plus à étudier la raison des deux ondes, mais simplement leur amplitude selon les points d'application des électrodes ; de ce fait, elle est surtout intéressante quant au diagnostic topographique classique de l'infarctus du myocarde.

L'on connaît la définition de l'angle solide : on appelle angle solide d'un point par rapport à un corps, une portion de la surface d'une sphère, dont le rayon est égal à l'unité et dont le centre coïncide avec le point exploré, surface limitée par toutes les lignes qui, en coupant cette sphère, unissent le point au contour du corps.

Si l'on considère ainsi dans une dérivation unipolaire, l'angle que fait le point d'application de l'élec-

trode avec les bords de la zone lésée, on peut se rendre compte de l'importance de l'anomalie électrique dans la dérivation considérée.

Nous verrons tout à l'heure qu'en vectographie, la théorie de l'angle solide n'est plus nécessaire puisque l'on a par la synthèse vectographique une vue d'ensemble et non une vue en perspective des phénomènes électriques cardiaques et la représentation objective du vecteur cardiaque avec sa direction.

Une méthode un peu théorique, mais d'un grand intérêt, est encore venue enrichir le diagnostic électrique cardiaque : la recherche du gradient ventriculaire.

Le gradient ventriculaire a été défini un ensemble de gradients de potentiel instantanés, créés par la dépolarisation et la repolarisation de la masse ventriculaire chez l'homme. Nous avons vu que les surfaces de prépondérance des deux ondes constituant la courbe diphasique normale produite par l'activation d'un tissu étaient égales, s'équilibraient, de sorte que l'addition de tous les gradients de potentiel instantanés était égale à zéro.

Or, sur le cœur humain, tout ne se passe pas ainsi : l'onde monophasique de récupération ayant au niveau de l'endocarde une durée plus longue de l'onde de dépolarisation à l'épicarde, la somme algébrique des deux ondes monophasiques n'est donc plus égale à zéro, mais aux gradients de potentiel instantanés dont l'intégrale peut être représentée par un vecteur appelé gradient ventriculaire; l'intérêt pratique du gradient ventriculaire réside en somme dans le fait qu'il exprime la relation existant entre la phase initiale (complexe Q R S) et la phase terminale (segment S T et onde T) du ventriculogramme; par ce seul fait, nous pouvons entrevoir son importance dans les thromboses coro-

nariennes et les troubles de la conduction, tels les blocs de branche.

Après ce bref rappel des diverses théories émises pour expliquer la morphologie de l'électrocardiogramme, que pouvons-nous conclure ?

Afin d'explorer les variations de potentiel, il nous faut les étudier entre plusieurs points, qui définissent chacun les axes d'exploration et nous donnent une sorte de vue en perspective de l'ensemble des phénomènes électriques. En comparant ces diverses perspectives, l'on arrive à en avoir une vue plus ou moins générale : c'est ce qu'en somme s'efforce de faire l'électrocardiographie classique.

L'écueil en est la multiplication des dérivations, la gymnastique intellectuelle nécessaire pour les comparer entre elles et aux tracés normaux, et le fait qu'aussi nombreuses que puissent être ces dérivations utilisées, elles ne donnent pas des phénomènes une représentation spatiale continue.

LA VECTOGRAPHIE SPATIALE

CE QUE REPRÉSENTE EN FAIT UN VECTOGRAMME.

En fait, il existe une autre façon de représenter les choses : cette autre méthode est la vectographie spatiale.

Maintenant que nous avons vu au point de vue électrophysiologique ce que représentait une électrocardiogramme, nous allons essayer de considérer ce que représente un vectogramme, de quelle façon il est possible de l'imaginer, les rapports étroits existant dans la conception des deux tracés.

Il a, d'une part, été établi que toute différence de potentiel existant entre deux points donnés, c'est-à-

dire un dipôle, pouvait se représenter sous une forme vectorielle qui s'appelle le gradient de potentiel et que ce gradient de potentiel pouvait s'exprimer sous la forme d'une flèche dont la direction représente la ligne sur laquelle se produit cette différence de potentiel, c'est-à-dire un vecteur [12-40].

L'on sait, d'autre part, que les variations de potentiel développées lors de chaque contraction constituent un phénomène périodique [32]. Ainsi, si l'on prend deux dérivations différentes, il existe ce que l'on appelle une différence de phase entre les courbes qui traduisent ce phénomène périodique. En partant de ces données, il est très élégant chaque fois que deux phénomènes périodiques présentent une différence de phase, d'en faire une représentation synthétique par un vectogramme.

C'est ce qu'a montré depuis plus d'un demi-siècle le physicien J.-A. LISSAJOUS, et les applications de sa méthode sont aujourd'hui universelles. Il est même surprenant que l'application n'en est pas été faite depuis longtemps à l'étude du champ électrique cardiaque, et que H. MANN [7], qui fit le premier, des vectogrammes ou des monocardigrammes comme il les appelait, ne se soit pas rendu compte que cette manière de faire n'était qu'une application de la méthode de J.-A. LISSAJOUS, d'un usage absolument général en physique. Cette courbe qu'est le vectogramme n'est en effet qu'une simple confrontation vectorielle de deux phénomènes périodiques.

Mais essayons de définir plus clairement ce qu'est en réalité un vectogramme, de quelle façon aujourd'hui il est compris.

Nous connaissons la définition du vecteur et savons qu'un champ électrique, tout au moins un champ électrique fixe peut être représenté par un vecteur, vecteur qui donne par sa direction la direction du champ,

qui par sa longueur est proportionnel à l'intensité et dont l'origine se trouve au milieu du champ électrique lui-même (vecteur que l'on peut choisir pointant ou vers le pôle négatif ou vers le pôle positif) [12].

Mais il est un fait capital à retenir, c'est que le champ électrique cardiaque n'est pas fixe, mais variable; donc, pour le représenter à des moments successifs, on va avoir des vecteurs différents en longueur et en direction. Le vecteur symbolisant l'intensité, la direction et le sens des différences de potentiel à un instant donné est appelé axe instantané [41].

La courbe qui va joindre la pointe de ces vecteurs ou de ces axes instantanés ou, courbe enveloppe des vecteurs, sera le vectogramme. Le vectogramme peut être en somme défini comme la représentation des points où prédomine l'électronégativité (si l'on choisit le vectogramme du vecteur négatif), compte tenu de la valeur de cette électronégativité, ou l'électropositivité (si l'on choisit le vectogramme du vecteur positif) compte tenu de la valeur de cette électropositivité.

On pourrait dire que le vectogramme est le lieu géométrique des points où prédomine l'électronégativité et la courbe vectographique dessinerait alors exactement le déplacement du point le plus électro-négatif de la masse cardiaque. Mais il nous faut corriger cette définition parce que le point électro-négatif étant au même endroit, il est représenté différemment sur le vectogramme suivant qu'il est plus ou moins électro-négatif.

Il est de cette sorte possible d'observer immédiatement l'aire où se succèdent les axes électriques : E. DONZELOT et J.-B. MILOVANOVICH [52] ont désigné cette aire sous le nom de champ vectoriel : champ défini par la succession des axes électriques, chaque axe instantané désignant la zone où prédomine l'électronégativité (boucles vectorielles électro-négatives).

Mais pour quelles raisons la méthode vectographique s'est-elle ainsi attardée; y a-t-il eu des échecs; les instruments n'étaient-ils pas au point; quel chemin a-t-elle parcouru jusqu'à nos jours ?

C'est le physicien J.-A. LISSAJOUS, contemporain de MAREY, qui découvrit le premier qu'il était possible d'obtenir une boucle fermée unique en partant de deux phénomènes périodiques à fréquence identique.

A sa suite, EINTHOVEN écrit également en 1912 [32], date à laquelle il étudiait ses premiers tracés électrocardiographiques, qu'entre les différentes dérivations d'électrocardiogrammes existent des différences de phases.

C'est H. MANN, nous l'avons dit tout à l'heure, mais contrairement à ce que pensait EINTHOVEN (qui indiquait par la direction du vecteur central le sens du courant à l'intérieur du myocarde, cheminant du pôle négatif au pôle positif), qui affirme en 1920 que le vecteur central se dirige vers la zone du cœur où l'électronegativité prédomine. Il définit le point 0 de ces boucles vectorielles comme le point situé, au milieu du triangle d'EINTHOVEN, à l'intersection du prolongement de deux lignes isoélectriques (D_1 et D_3 par exemple).

Ainsi, en prenant deux tracés électrocardiographiques enregistrés simultanément à grande vitesse et en traçant sur chacun de ces deux tracés des points rigoureusement synchrones situés sur la même verticale, il obtient la projection des vecteurs pour chaque point synchrone. En réunissant alors par une même ligne les sommets de ces vecteurs ayant une commune origine, H. MANN obtient une courbe enveloppante qu'il appelle monocardiogramme, première synthèse des trois dérivations standard d'EINTHOVEN.

Différents auteurs vont, sous l'impulsion des travaux de J.-A. LISSAJOUS et de H. MANN, étudier la vectographie.

Si l'on excepte SAVJALOFF [8], qui en 1929 avec sa triangulation horizontale aborde l'étude de la position dans l'espace de l'axe électrique du cœur (vecteur d'électronégativité maxima qui partant de l'origine atteint dans l'espace le point le plus éloigné de la boucle vectorielle Q R S), les différents auteurs qui vont étudier les phénomènes vectographiques ne le font que dans un seul plan.

Successivement, D. ROUTIER en 1938 [42], P. MEYER et R. HERR [49], K. SCHOCKEN [57], F.-H. HOWARD [58] en 1946, réalisent la synthèse géométrique des vecteurs. Divers appareils sont également mis au point : celui de H. MANN et de J.-F. PATTEE en 1931, celui de SULZER en 1936 [33], de HELLER en 1937 [34]; ceux de H.-E. HOLLMANN et W. HOLMANN (triographe) en 1937 [35], de R. SULZER et P.-W. DÜCHOSAL [16], de F.-N. WILSON et F.-D. JOHNSTON en 1938 [36], de VASTESAEGER et ROCHET (stéréocardiographe) en 1942 [17], ceux de POURET 1943 [37] et MINOT 1945 [38], mais malheureusement cette instrumentation ne semble pas donner les résultats escomptés.

Plusieurs de ces auteurs en effet (MINOT [44-45], SCHELLONG et E. SCHWINGEL [46], D. ROUTIER...), contrairement à H. MANN, orientent les dérivations qui servent de point de départ à leur synthèse vectorielle de manière que l'électronégativité de la base du cœur s'inscrive au-dessous de la ligne isoélectrique (contrairement à la convention d'EINTHOVEN) de sorte que le sens d'orientation des boucles vectorielles ainsi réalisées se trouve diamétralement opposé à ceux des autres auteurs : ce qui était loin de simplifier la question.

Le problème spatial n'était en tout cas nullement résolu. L'idée qu'un autre vectogramme était nécessaire pour avoir une représentation spatiale des phénomènes électriques du cœur est due à SCHELLONG [15], qui, en 1936, définit la synthèse spatiale.

Cet auteur part en effet du principe que tout phénomène électrique doit pouvoir se définir dans un espace tri-dimensionnel et pour démonstration pratique réalise deux vectogrammes :

l'un frontal (avec D_1 et D_2)

l'autre sagittal (avec D_3 et D_4) ;

à l'aide de la stéréoscopie il obtient de ce fait une orientation spatiale de la boucle vectorielle. Que ce soit ce plan sagittal ou celui défini par les dérivations CB_1 et CF_1 de E. DONZELOT et PELAEZ (1938) [39-55] ou le plan sagittal de ARRIGHI (1938), on arrive au même résultat.

L'idée de s'adresser à un vectogramme horizontal et la notion que ce vectogramme réalise la synthèse des dérivations précordiales envisagées comme des dérivations à axe horizontal est due à J.-B. MILOVANOVICH. Cet auteur réalise avec l'appui de l'ingénieur POURRET, le cardiовectographe, appareil à tube cathodique basé sur la technique de l'addition des vecteurs, qui leur permet d'enregistrer des boucles vectorielles, soit de façon statique, soit sur une bande se déplaçant à vitesse constante (électrocardiovectographie) soit enfin après les avoir redressées verticalement par rotation préalable des axes de coordonnées (électrocardiographie vectorielle), cette méthode admettant comme cas particulier, d'une part la contention d'EINTHOVEN (1912), d'autre part le standard anglo-américain (1938-1943) pour les précordiales et la VF.

J.-B. MILOVANOVICH [19] a montré que toute l'électrocardiographie classique repose sur le principe suivant : orienter l'électronégativité du côté où elle prédomine et il a conservé les mêmes principes pour la boucle vectographique.

Nous ferons remarquer que E. DONZELOT et J.-B. MILOVANOVICH utilisent ainsi :

d'une part, des boucles vectorielles spatiales (électronegatives) orientées normalement vers le haut, en avant et vers la droite du sujet;

afin de définir cette orientation, d'autre part deux plans présentant une ligne d'origine commune représentée par l'axe transversal d'EINTHOVEN :

— un plan frontal, déjà étudié par les auteurs précédents et défini par les trois dérivations d'EINTHOVEN (D_1 , D_2 , D_3) et les unipolaires des membres (aVL , aVR , aVF).

— un plan horizontal constitué par les dérivations unipolaires précordiales droites (V_1 , axe antéro-postérieur) et gauches (V_6 , axe transversal situé au centre électrique du cœur décrit par MANN) et le central terminal de WILSON.

La technique de E. DONZELOT et J.-B. MILOVANOVICH présente comme on peut déjà le concevoir, maints avantages pratiques. Elle permet de remplacer par la prise de seulement deux tracés, l'un frontal, l'autre horizontal, les douze dérivations classiques (D_1 , D_2 , D_3 ; aVR , aVL , aVF , V_1 à V_6). Elle fait donc entrer l'électrocardiographie classique dans la vectographie en montrant d'une part, que le vectogramme frontal est bien la synthèse des dérivations des membres, d'autre part qu'il est possible de reconstituer un vectogramme horizontal à partir des dérivations précordiales et qu'il en est la synthèse spatiale.

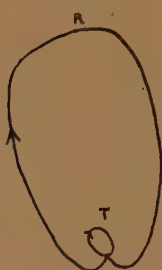
L'appareil permet de faire apparaître successivement et d'une manière très simple (commutateur) sur le tube cathodique ou sur film, le déploiement du processus d'excitation : les électrocardiogrammes classiques (dérivations standard, unipolaires et précordiales); les boucles vectorielles frontales, horizontales, redressées, ou non.

Chez le sujet normal, comment se présentent ces différents vectogrammes ?

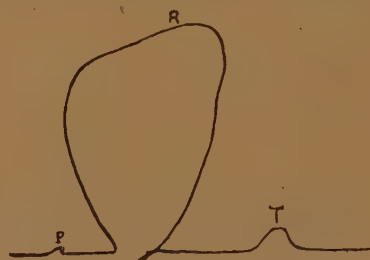
Le vectogramme spatial obtenu dans ces conditions se présente sous la forme de trois boucles fermées, elliptiques : les boucles P (oreillettes), QRS et T (ventricules). Le rapport de grandeur entre ces trois boucles est le même qu'en électrocardiographie habituelle.

Sur le vectogramme frontal :

la boucle rapide QRS, homologue de l'onde rapide QRS, se dirige en haut et à droite (droite du sujet) ;



V. F.



Electrocardiovectogramme frontal

FIGURE 4

la boucle lente T, homologue de l'onde lente T, est encadrée par la grande boucle QRS.

Sur le vectogramme horizontal :

la boucle QRS se dirige en avant et à droite (droite



V. H.



Electrocardiovectogramme horizontal

FIGURE 5

du sujet), mais son segment initial se développe d'abord en arrière ;

la boucle T s'inscrit presque totalement dans la partie initiale postérieure du vectogramme; elle se dirige en arrière et à droite.

On pourrait penser que les électrodes précordiales ainsi rapprochées dans le plan horizontal pourraient par un effet de verre grossissant déformer les tracés électriques [43]; le développement des boucles sur ce plan est en effet accru, mais en pratique cela n'est nullement gênant.

L'axe central spatial a une direction telle qu'il se dirige de bas en haut, de gauche à droite et d'arrière en avant (gauche et droite du sujet). Les boucles spatiales débutent au point O, se dirigent en arrière vers l'épaule droite du sujet, puis s'infléchissent en avant pour rejoindre le point O, la branche antérieure étant plus mobile que la branche initiale qui, elle, forme charnière. Nous voyons de cette sorte que sur le plan spatial, la grande boucle QRS partage le tronc du sujet en deux parties : l'une antérieure et droite, l'autre postérieure et gauche.

Le sens de rotation est horaire dans le plan frontal, évidemment antihoraire dans le plan horizontal puisque dans ce dernier la projection de la boucle est vue de haut en bas, alors que dans le premier plan, elle était vue de face.

La boucle T spatiale se dirige de bas en haut, de gauche à droite (gauche et droite du sujet) et d'avant en arrière; elle est normalement encadrée par la boucle QRS, compte tenu des déviations du cœur. Le sens de rotation est le même pour les boucles QRS et T.

Un vectogramme offre donc à l'analyse : d'une part, la notion de champ vectoriel tel qu'il a été défini par E. DONZELOT et J.-B. MILOVANOVIČ [51-52], d'autre part la signification du sens de rotation des vecteurs. Le sens de rotation possède en effet une signification physique et physiologique précise : il se détermine sui-

vant la précession d'une dérivation sur l'autre. Cette notion permet ainsi des recherches fécondes; pour E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVIČ et H. KAUFMANN, le sens de rotation de la boucle vectorielle est lié à la précession de l'une ou de l'autre de ses deux composantes verticale et horizontale.

Ainsi sur le plan frontal : lorsque T_1 précède T_2 et T_3 , le sens de rotation est horaire; lorsque T_3 précède T_2 et T_1 , le sens de rotation est antihoraire.

— Sur le plan horizontal : il suffit d'examiner les ondes T dans les deux dérivations précordiales V_2 et V_6 et voir dans laquelle de ces deux dérivations l'onde T précède.

Ainsi, en cas de précession de T en V_2 : la rotation sera antihoraire et c'est ce que nous voyons apparaître normalement; en cas de précession de T en V_6 , la rotation sera horaire [52].

Nous pouvons maintenant concevoir les rapports étroits qui relient ces deux méthodes d'enregistrement des effets électriques du cœur : électrocardiographie classique et vectographie spatiale.

En effet, le vectogramme dans son ensemble n'est que la confrontation de l'ensemble des électrocardiogrammes. Chaque vecteur instantané, répondant à un moment du vectogramme n'est en réalité que le vecteur réalisé par la confrontation des vecteurs constitués par le même moment des électrocardiogrammes des diverses dérivations.

En fait, pratiquement, nous croyons devoir toujours raisonner d'une façon vectorielle : les électrocardiogrammes ne doivent pas nous apparaître comme la succession de graphiques alignés les uns à la suite des autres, nous devons au contraire toujours nous les représenter comme les projections du vectogramme spatial sur l'axe de chaque dérivation; ce qui nous permet

de garder un contact incessant entre le tracé vectographique et toutes les notions qui ont été amassées par l'électrocardiographie classique.

Les deux courbes vectographiques, frontale et horizontale, nous donnant une représentation complète de l'activité électrique du cœur, une dérivation électrocardiographique doit être considérée en somme, comme seule une perspective sur le vectogramme, et le vectogramme ne constituer alors aux yeux du lecteur qu'une vue panoramique des effets électriques du cœur.

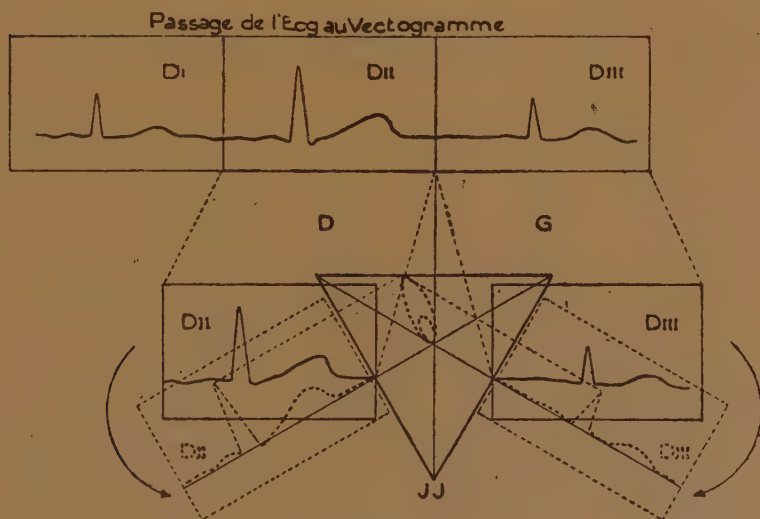


FIGURE 6

Passage des électrocardiogrammes (D_1 , D_2 , D_3)
au vectogramme frontal à boucles électronégatives

Pour interpréter les électrocardiogrammes, il est donc indispensable de se les représenter dans la situation qu'ils occupent en réalité selon l'axe qui unit les électrodes, c'est-à-dire :

— dérivation D_1 : entre le bras droit négatif et le

bras gauche positif, par conséquent avec une ligne iso-électrique verticale.

— dérivation D_2 : entre le bras droit négatif et la jambe gauche positive par conséquent avec une ligne isoélectrique en bas et à gauche.

—dérivation D_3 : entre le bras gauche positif et la jambe gauche positive, par conséquent avec une ligne isoélectrique oblique en bas et à droite.

Quand il s'agit de dérivations précordiales, l'interprétation des tracés doit suivre la même forme d'esprit et nous voyons alors, après avoir placé les tracés précordiaux sur le plan horizontal, les ondes R converger vers le centre du cœur et les ondes S diverger en éventail en s'éloignant du centre du cœur.

Lorsqu'on a terminé cette mise en place, l'on arrive au point de vue pratique et avec une certaine habitude de lecture à tirer de l'électrocardiographie classique beaucoup plus de renseignements qu'en observant les tracés d'électrocardiogrammes alignés les uns à la suite des autres comme les lignes d'un livre. Evidemment, même en faisant ce travail, une perspective pouvant toujours dissimuler des anomalies, certains détails peuvent échapper, d'autre part, un travail de synthèse est toujours plus ou moins ardu : c'est alors que se révèle principalement l'intérêt primordial de la méthode vectographique spatiale qui dans ces cas lève tous les doutes.

Nous tenterons de mettre en lumière dans notre thèse la façon dont chaque fait vectographique peut être redécomposé en fait électrocardiographique classique et inversement la façon dont chaque fait électrocardiographique peut être synthétisé par une représentation vectographique.

BASES THÉORIQUES DU DIAGNOSTIC VECTOGRAPHIQUE DE L'INFARCTUS DU MYOCARDE

Avant d'aborder le processus électrophysiologique que va suivre tout infarctus du myocarde pour nous donner les déformations du tracé vectographique, nous voulons préciser en un mot la définition de cette affection.

L'infarctus du myocarde est dû à l'oblitération brusque d'une artère coronaire, créant une lésion mutilante dans la zone myocardique irriguée par cette artère, et nous savons ainsi :

— que l'occlusion de l'artère coronaire gauche ou de sa branche descendante antérieure, détermine un infarctus antéro-latéral de la région apexienne.

— que l'occlusion de l'artère coronaire droite ou de sa branche postérieure et descendante détermine l'infarctus de la partie postérieure et basale du ventricule gauche.

— que l'occlusion du rameau circonflexe de la coronaire gauche détermine l'infarctus postéro-latéral.

De nombreux auteurs ont étudié les altérations électriques produites par l'infarctus du myocarde. Depuis HERRICK et PARDEE [6] à qui nous devons les premières descriptions électrocardiographiques, à leur suite et jusqu'aujourd'hui, WEARN, WILLIUS, OPPENHEIMER,

ROTHSCHID en Amérique; PARKINSON, BEDFORD en Angleterre; HOCHREIN en Allemagne; PEZZI en Italie; CLERC, Robert LÉVY, C. LIAN, E. DONZELOT, J. LENÈGRE, P. SOULIÉ en France, ont, avec beaucoup d'autres, successivement précisé les déformations des complexes.

Les altérations vectographiques ont été étudiées par SCHELLONG [15-46]; HOLLMANN et HOLLMANN [35] WILSON et JOHNSTON [36]; P. MEYER et R. HEER [50], qui, en 1946, décrivent d'une part la déviation de l'axe QRS, d'autre part le sens de rotation des boucles vectorielles. Enfin, récemment, E. CABRERA (1948) [12] en a fait une étude assez complète. Nous relaterons surtout dans cette thèse les travaux exécutés par E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVICH et H. KAUFMANN [51-52].

Comment les infarctus du myocarde modifient-ils les tracés vectographiques normaux.

Nous allons essayer de montrer de quelle façon l'infarctus modifie le tracé vectoriel spatial; cette chose faite, il nous sera alors possible, à la lumière de ces données, de mieux comprendre les anomalies électrocardiographiques connues depuis si longtemps : tel va être le but de ce chapitre.

Il nous faut tout d'abord aborder un fait capital sur lequel nous allons à chaque instant revenir, afin d'expliquer les faits électrophysiologiques produits tant en électrocardiographie classique qu'en vectographie spatiale par l'infarctus du myocarde, soit dans sa genèse, soit dans son évolution.

Tout infarctus du myocarde complètement constitué se compose de trois zones concentriques :

- une zone de nécrose dans sa partie centrale;
- une zone intermédiaire, dite de lésion propre en activité;

— une zone périphérique, dite d'ischémie;

trois stades, qui, au point de vue histologique pur, se caractérisent d'une façon incertaine, surtout à la période de début, mais qui au point de vue électrique ont un intérêt primordial.

Un autre fait important, celui-ci d'ordre topographique, doit être aussi souligné : il a en effet été établi que les altérations électriques dépendent essentiellement de la situation de la zone lésée, d'une part par rapport à la masse ventriculaire prise dans son ensemble, d'autre part par rapport à l'endocarde et à l'épicarde (WILSON F.-N. et al. [9]). Pratiquement, nous savons que les lésions myocardiques produites par l'infarctus siègent rarement au niveau de la région sous-endocardique, mais prédominent au contraire dans la région de l'épicarde. Des auteurs ont expliqué ce fait du point de vue anatomique pur, démontrant l'irrigation particulièrement abondante de l'endocarde ventriculaire par les veines de Thébésius, petits vaisseaux reliant les veines intracardiaques aux ventricules gauche et droit (surtout droit) [41].

Il est d'un autre côté curieux de constater que ces infarctus à prédominance habituellement épicaudique donnent en réalité des tracés théoriques de lésion sous-endocardique; diverses théories que nous n'exposerons pas ont cherché à expliquer cette divergence.

L'on sait également qu'il existe dans le myocarde des zones muettes ou même des lésions étendues donnant peu de renseignements électriques. Ainsi, lorsque la zone blessée est intramurale ou seulement transmurale, les différences de potentiel entourant la zone nécrotique se neutralisent mutuellement et aucun courant de lésion, aucun vecteur ne peut alors être enregistré.

*Quelles vont être les modifications vectographiques
apportées par l'infarctus ?*

Elles tiennent essentiellement aux modifications électriques créées par chacune des trois zones anatomiques; à chacun des trois stades de l'infarctus, en effet, correspondent des anomalies électriques que l'on peut représenter comme des vecteurs anormaux perturbant le vectogramme spatial et l'électrocardiogramme classique :

- vecteur d'ischémie, agissant sur la boucle lente T;
- vecteur de lésion L agissant sur le segment ST;
- vecteur de nécrose ou de séquelle ou vecteur virtuel par défaut Q, agissant sur le segment initial de l'onde rapide QRS.

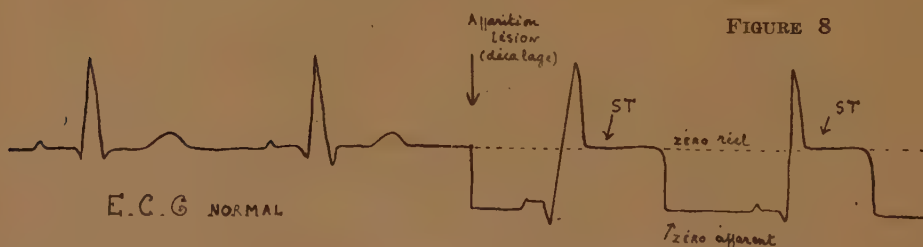
E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVICH et H. KAUFMANN qui ont particulièrement étudié les « allodromies vectorielles », expliquent de quelle façon ces vecteurs anormaux produits par chacune des trois zones de l'infarctus agissent sur le vectogramme spatial. Nous allons donc essayer de voir, d'une part, comment les tracés vectographiques vont être perturbés et, d'autre part, de quelle façon déduire à partir d'eux la nature et le siège de la lésion en cause.

Vecteur d'ischémie :

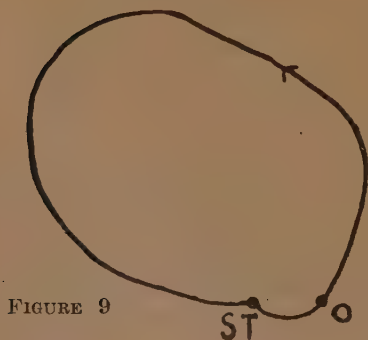
La zone d'ischémie étant normalement polarisée, ce n'est pas l'onde d'activation qui va être perturbée, mais la repolarisation qui va subir un retard; les conséquences de ce vecteur anormal d'ischémie vont porter en vectographie sur la boucle T qui peut être amenée à sortir du cadre de la boucle QRS et sur le sens de rotation qui va être inversé. En électrocardiogra-

du cœur et la zone lésée diminue et lorsque tout le cœur sera électronégatif, le courant de lésion aura totalement disparu puisqu'il n'y aura plus de différence de potentiel entre la zone lésée et l'ensemble du cœur. Il se produit alors ce qu'on peut appeler un « manque » dans le processus d'activation. Le déplacement du segment ST s'explique de la manière suivante : l'existence d'une zone lésée, créant un courant permanent de lésion, décale les tracés électrocardiographiques. Au moment de l'accession du processus d'excitation (QRS), il y a neutralisation progressive du courant de lésion, ce qui ramène les courbes au niveau qu'elles avaient avant l'apparition du décalage créé par la lésion.

Le niveau de repos, en somme, la ligne zéro réelle, sera celui de la neutralisation des vecteurs de lésion en ST, apparemment décalé.



En vectographie, le spot qui dessine la courbe vectographique marque un temps d'arrêt, qui répond au décalage ST observé en électrocardiographie classique. Le départ de la boucle rapide et son arrivée ne se font pas au même point; si l'on réunit



V. F. Infarctus antérieur étendu

le point d'arrivée et le point de départ, on extériorise justement l'existence du vecteur de lésion : celui-ci répond au décalage ST-O de l'électrocardiographie classique.

Vecteur de séquelle ou de nécrose ou vecteur virtuel par défaut Q :

La zone centrale de l'infarctus frappée par la nécrose est, comme nous l'avons vu, inerte au point de vue électrique. La polarisation, en atteignant la zone nécrotique devient nulle et équivaut à un véritable trou électrique; il ne peut y avoir d'activation, aucun potentiel d'action ne peut être enregistré.

Que va-t-il se passer au moment où l'onde d'excitation va l'atteindre ?

Il se crée alors un déséquilibre électrique dont la grandeur, la direction et le sens peuvent être représentés par un vecteur appelé vecteur de nécrose ou vecteur virtuel par défaut Q. L'on peut schématiquement se représenter ce vecteur par défaut comme une « lucarne » ou une « fenêtre »; si l'on se trouve devant cet orifice, il devient possible d'enregistrer à cet instant donné le potentiel endocavitaire et ceci aussi bien en vectographie (allodromie vectorielle initiale) qu'en électrocardiographie classique (dérivations standard : ondes Q pathologiques; dérivations précordiales : modifications de l'onde R, trou électrique).

Nous savons de quelle façon les auteurs qui se sont occupés d'électrocardiographie sont parvenus au moyen des dérivations standard et des précordiales multiples à préciser le siège exact de l'infarctus. Connaissant le sens de l'axe ST (partant du centre du cœur vers la région infarctée) et le sens de l'axe T (partant du centre de la région infarctée vers le centre du cœur), il leur était en effet possible, à partir des déplacements du segment ST et de l'onde T dans les différentes déri-

vations standard ou précordiales, de construire géométriquement le vecteur qui va ou pointer ou s'éloigner de la zone infarctée.

Ce procédé est cependant assez long et relativement précis et, afin de se rendre compte de la topographie

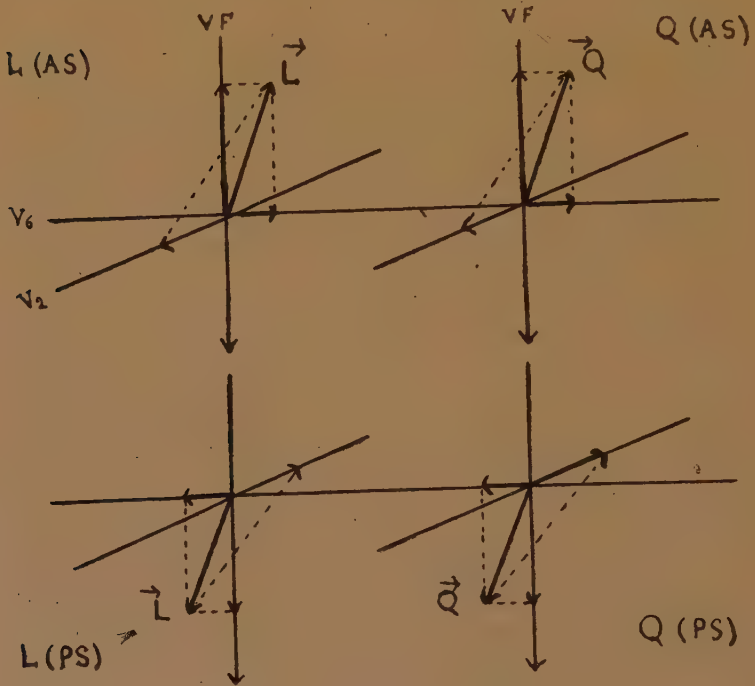


FIGURE 10

Orientation spatiale du vecteur de lésion L et d'un vecteur par défaut Q (vecteurs à pointe électro-négative) dans un système de référence triaxial en cas d'infarctus du myocarde. AS = antéro-septal et PS = postéro-septal.

de la zone infarctée, il est plus commode de considérer les vecteurs anormaux de lésion, ou par défaut, dans trois dérivations V_2 , V_6 et VF (E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVIČ et H. KAUFMANN).

Ces trois dérivations décrivent en effet trois axes rectangulaires l'un sur l'autre :

- l'axe V_1 étant transversal;
- l'axe V_2 étant antéro-postérieur;
- l'axe VF étant vertical.

Les vecteurs de lésion L et de nécrose Q agissant dans le même sens (vecteurs à pointe électronégative), l'on peut en projetant l'un de ces vecteurs anormaux sur chacune de ces trois dérivations, reconstituer le vecteur anormal spatial et en déduire immédiatement le siège de la lésion par rapport au centre électrique du cœur. Cette méthode est simple, plus rapide et précise.

Il est d'autre part intéressant de vouloir se rendre compte de la façon dont les phénomènes électriques vont se trouver modifiés au cours de l'évolution de l'infarctus, ce que vont devenir les vecteurs anormaux caractéristiques des trois zones, leur répercussion en vectographie spatiale et en électrocardiographie classique.

L'évolution électrocardiographique de l'infarctus a été maintes fois décrite, nous allons rappeler brièvement et schématiquement le processus tel que l'a résumé E. CABRERA [12].

Cet auteur distingue successivement l'infarctus récent, l'infarctus en régression et l'infarctus ancien en insistant sur le fait qu'il ne peut y avoir de chronologie exacte dans cette distinction.

— Ce qui caractérise l'infarctus récent, c'est l'intensité de la lésion vis-à-vis des zones d'ischémie et de nécrose qui sont à ce stade presque inexistantes. Le vecteur anormal de lésion garde donc ici toute son importance et ses conséquences vectographiques (arrêt du spot, déviation de la boucle QRS de sens opposé au sens du vecteur de lésion) et électrocardiographiques

(décalage de ST faisant diminuer ou disparaître presque complètement l'onde S).

— Ce qui caractérise au contraire l'infarctus en régression, c'est la grande intensité de l'ischémie qui envahit peu à peu la zone de lésion bientôt inexistante avec ses conséquences vectographiques spatiales (allodromies vectorielles terminales) et électrocardiographiques (segment ST convexe mais rejoignant la ligne isoélectrique, T inversé, pointu et symétrique : phase coronarienne de PARDEE).

— La persistance de la zone nécrotique caractérise seule l'infarctus ancien.

Le vecteur virtuel par défaut qui pourtant n'a jamais eu d'existence propre, « subsiste » si l'on peut dire, créant l'allodromie vectorielle initiale.

Avant de terminer ce chapitre dans lequel nous avons essayé de montrer le processus suivant lequel l'infarctus du myocarde perturbait le tracé vectoriel, quelques remarques semblent devoir être faites. En particulier, il nous faut nous rappeler :

— la différence des aspects pathologiques observés selon que les infarctus sont sous-épicaux ou sous-endocardaux ;

— quelques localisations particulières de la zone infarctée, infarctus strictement antérieurs ou strictement postérieurs, par exemple, sans aucune traduction électrocardiographique dans les dérivations périphériques, d'où la nécessité des dérivations précordiales encore plus de la vectographie spatiale ;

— qu'un infarctus peut se trouver associé à une position particulière du cœur. Il se peut ainsi qu'un infarctus que l'on croyait postérieur dans les dérivations périphériques se révèle être antérieur dans les dérivations précordiales, cette anomalie étant due à une dextro-rotation du cœur. Pour corriger cette erreur, il nous faut faire les unipolaires des membres, ou mieux

un vectogramme qui nous donne immédiatement la clé du problème.

Enfin, il est une chose à laquelle il nous faut toujours penser lors de la lecture d'un tracé, c'est la fréquence des infarctus multiples. Ainsi de nombreuses erreurs peuvent et doivent être corrigées.

DIAGNOSTIC PRATIQUE

Nous venons de voir combien sont étroits les liens qui relient entre elles l'électrocardiographie classique et la vectographie spatiale, de quelle façon les chercheurs en sont venus peu à peu à passer de l'une à l'autre, comment ils sont parvenus à réaliser des appareils de plus en plus perfectionnés permettant de la façon la plus simple (déplacement d'un commutateur) de faire défiler devant nos yeux les tracés classiques, les tracés précordiaux ou des boucles vectorielles spatiales plus ou moins freinées dans leur déroulement, redressées, d'une lecture facile, nous donnant par là la meilleure preuve du bien-fondé de leurs recherches.

Nous avons étudié, dans le service de notre Maître le Professeur E. DONZELOT, de nombreux tracés, tous réalisés par J.-B. MILOVANOVICH à l'aide de son cardio-vectographe. Nous allons maintenant essayer de montrer, à propos de l'infarctus du myocarde, combien il devient simple lorsqu'on a bien saisi les données déjà émises, de faire le diagnostic cohérent exposé.

Nous ferons essentiellement le diagnostic vectographique en insistant surtout sur les rapports qui unissent le vectogramme aux aspects pathologiques électrocardiographiques connus.

LES ALLODROMIES VECTORIELLES

Que signifie tout d'abord le terme d'allodromie ? Depuis JOSUÉ et SCHELLONG, il est convenu d'appeler allodromie toute anomalie de parcours de la boucle vectorielle spatiale (déviation, détour, crochetage, ralentissement de la boucle QRS), anomalie non explicable par une hypertrophie ou par une déviation spatiale du cœur. La monodromie, au contraire, est caractérisée par une marche normale de l'excitation, sous forme d'une boucle vectorielle plus ou moins ellipsoïde, régulière.

Nous décrirons dans le chapitre suivant, les allodromies pures ou de conduction, nous occupant seulement ici de l'étude vectrographique des anomalies de l'onde rapide QRS et des altérations du segment ST et de la boucle T produites par l'infarctus myocardique, telles qu'elles ont été étudiées par E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVICH et H. KAUFMANN [51-52].

Les allodromies vectorielles rencontrées dans les infarctus du myocarde sont essentiellement dues aux vecteurs anormaux engendrés par chacune des trois zones de l'infarctus :

- vecteur de nécrose ou de séquelle Q;
- vecteur de lésion L;
- vecteur d'ischémie.

LES ALLODROMIES VECTORIELLES INITIALES

L'allodromie vectorielle initiale répond aux ondes Q, aux vecteurs de nécrose ou de séquelle Q : c'est l'élément fondamental du diagnostic de l'infarctus du myocarde.

Comment va se manifester au point de vue pratique l'allodromie vectorielle initiale, de quelle façon le vecteur anormal produit par la zone de nécrose de l'infarctus va-t-il déformer la boucle vectorielle normale ?

Le vectogramme spatial peut faire apparaître aux yeux de l'observateur plusieurs anomalies :

— *Un changement du sens de rotation des vecteurs.*

Physiologiquement, d'une façon normale, le sens de rotation des vecteurs engendrés par le myocarde peut changer suivant le sens de rotation du cœur autour de ses axes. Nous savons, en effet, que le cœur peut tourner autour de trois axes : anatomique ou longitudinal, antéro-postérieur et transversal.

La rotation de la masse cardiaque sur l'axe antéro-postérieur peut être ou horaire (et le cœur tend à devenir vertical) ou antihoraire (le cœur tend à devenir horizontal). En regardant le cœur par la pointe, la rotation sur l'axe anatomique peut aussi être horaire (ventricule droit en avant, à gauche et en haut; ventricule gauche en arrière, en bas et à droite) ou antihoraire (ventricule droit en bas et à droite, ventricule gauche en haut et à gauche). De même, la rotation de l'organe autour de son axe transversal peut amener la pointe ou très en avant ou très en arrière.

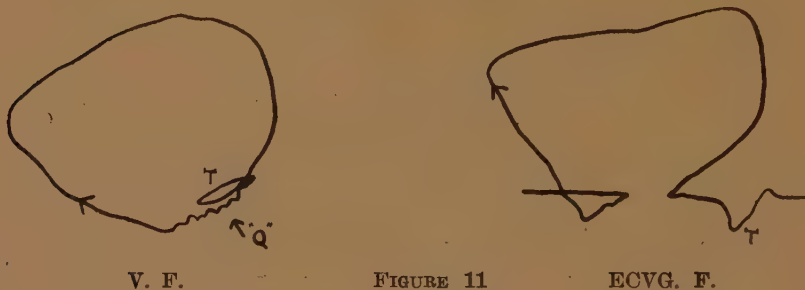
Quoi qu'il en soit, dans tous les cas dans lesquels les boucles vectorielles subissent une déviation, le sens de rotation des vecteurs se fait toujours dans la même direction que le sens de déviation de la boucle. Pratiquement, dans les cas où l'on observe sur un tracé une boucle fortement déviée vers la gauche, le sens de rotation des vecteurs se fait aussi vers la gauche, c'est-à-dire dans le sens antihoraire, et inversement.

En cas d'allodromie vectorielle initiale au contraire, en cas de vecteur anormal de nécrose créé par l'infarctus, le sens de rotation des vecteurs est tou-

jours inversé et ceci est d'autant plus caractéristique lorsque la bouclé elle-même* est également déviée (chose fréquente).

— *Des irrégularités de parcours dans le premier segment de la boucle QRS :*

Le tracé s'épaissit et se parseme de petites encoches; il peut même former des angles aigus, des cassures. Ces caractères sont significatifs d'une allostomie vectorielle, ils sont dus à une variation de vitesse du spot, à un ralentissement spatial.



— *Une modification de la boucle vectorielle spatiale :*

qui, au lieu de garder sa forme d'ellipse normale, s'arrondit ou « se fripe » (E. DONZELOT, J.-B. MILOVANO-VICH et KAUFMANN). En examinant le tracé du vectogramme frontal par exemple, il est facile de retrouver toutes ces modifications du segment initial de la boucle QRS ou seulement une particularité de la boucle vectorielle elle-même : elles sont dans tous les cas pathognomoniques d'infarctus.

Il devient simple alors, en projetant géométriquement ces irrégularités sur les axes des trois dérivations standard d'EINTHOVEN, de retrouver, ou une onde Q_1 , ou deux ondes Q_1 , Q_2 , ou une onde Q_3 ou deux ondes Q_2 , Q_3 .

Nous savons de même que les lignes bissectrices du triangle d'EINTHOVEN forment les axes des dérivations unipolaires VL, VR et VF. En projetant de la même façon les modifications de la boucle QRS sur ces axes, nous retrouvons les mêmes particularités des ondes Q.

Mais il est des cas particuliers d'ondes Q difficiles à expliquer par l'électrocardiographie. Il en est ainsi des ondes Q_2 précédées d'un léger accident R. Quel en est leur signification ? L'analyse vectorielle le démontre, car sur le vectogramme nous voyons apparaître au niveau du segment initial de la boucle une sinuosité qui, projetée géométriquement, s'enroule en huit de chiffre sur l'axe de la troisième dérivation, expliquant l'anomalie première.

De même, pour les ondes Q redoublées Q_1 ou Q_3 , ou les ondes Q_1 ou Q_3 suivies d'un crochetage de la branche ascendante de l'onde R : mais ces trois cas particuliers se sont presque toujours révélés être des allodromies vectorielles et signent pratiquement l'infarctus.

Nous retrouvons de la même façon les anomalies que nous venons d'énumérer, sur le vectogramme horizontal et leur projection géométrique sur les axes des dérivations précordiales n'est en somme que les reflets de ces tracés.

DONNEES TOPOGRAPHIQUES

C'est en confrontant le vectogramme frontal et le vectogramme horizontal que nous pouvons concevoir l'allodromie vectorielle spatiale et porter un diagnostic topographique de la zone nécrotique. Les allodromies vectorielles initiales étudiées dans l'espace peuvent nous montrer en effet instantanément le siège de l'infarctus.

Nous ne pouvons envisager ici tous les sièges possibles d'un infarctus (antéro-septal, basal, postéro-inférieur, etc.), nous allons seulement étudier brièvement le cas d'un infarctus antérieur et celui d'un infarctus postérieur.

En tenant compte des données déjà émises (projection des vecteurs anormaux sur les trois dérivations V_1 , V_6 et VF'), nous pouvons déjà nous rendre compte des anomalies que nous allons trouver.

Infarctus antérieur.

En effet, en cas d'infarctus antérieur (non strictement antérieur) :

- le vectogramme frontal tourne en haut et à gauche dans le sens antihoraire;
- le vectogramme horizontal tourne en avant et à droite dans le sens horaire.

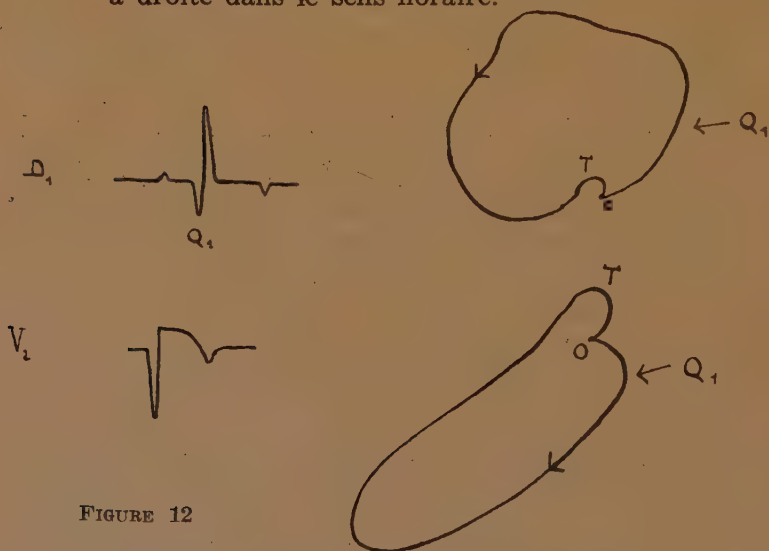


FIGURE 12

Onde Q_1 au cours d'un infarctus antéro-septal

En haut et à droite : Ecvg frontal. Rotation gauche de la grande boucle QRS, droite de la boucle T.

En bas et à droite : Ecvg horizontal. Rotation droite de la boucle QRS.

Quelle va être la direction du segment initial de la boucle vectorielle spatiale ? Il va pointer en haut, à gauche (gauche du sujet) et en avant; d'où en projetant l'allodromie vectorielle initiale sur les côtés du triangle équilatéral, l'onde Q profonde en première dérivation et l'absence de l'onde R (trou électrique) en dérivation précordiale V_2 , anomalies bien connues en électrocardiographie classique.

Infarctus postérieur.

En cas d'infarctus postérieur (non strictement postérieur) :

- le vectogramme frontal tourne en bas et à droite (droite du sujet) dans le sens des aiguilles d'une montre;
- le vectogramme horizontal tourne en arrière et à droite puis s'incurve en avant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et le segment initial de la boucle vectorielle spatiale va pointer ici en bas, à droite et en arrière; d'où, en projetant l'allodromie vectorielle initiale sur les côtés du triangle équilatéral, l'onde Q profonde en troisième dérivation et l'importante onde R en dérivation précordiale V_2 .

Nous voyons de cette sorte que dans les cas d'infarctus antérieur, le segment initial du vectogramme spatial pointe en avant vers le foyer de nécrose et nous en donne la topographie exacte; que dans le cas d'infarctus postérieur, il point en arrière, désignant ici également la zone cicatricielle, preuves d'un diagnostic topographique plus simple qu'en électrocardiographie classique où il faut considérer et les dérivations standard et les dérivations précordiales.

De plus, le cardiovectographe de J.-B. MILOVANO-VICH nous permet, en supprimant progressivement une

des deux composantes du vectogramme, de faire émerger sur le tracé, en cas d'infarctus antérieur par exemple, une onde Q_1 pathologique ou en V_2 une onde QS, en cas d'infarctus postérieur une onde Q_3 ou en V_2 une onde R anormale dans sa forme et son amplitude.

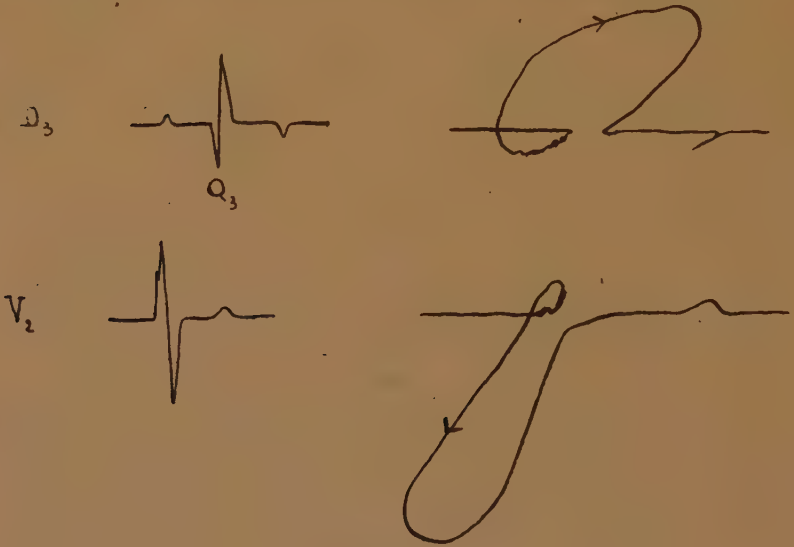


FIGURE 13

*Onde Q_3 au cours d'un infarctus postéro-septal
à développement postérieur*

En V_2 : grande onde R correspondant à l'onde Q_3

*En haut et à droite : Ecvg frontal. Allodromie initiale type Q_3
avec rotation droite des vecteurs QRS.*

*En bas et à droite : Ecvg horizontal. Déviation gauche de l'axe
avec rotation gauche.*

Le diagnostic topographique est donc plus sûr en vectographie spatiale et nous pouvons ainsi nous expliquer les raisons pour lesquelles les cas douteux sont beaucoup plus fréquents en électrocardiographie classique.

LES ALLODROMIES VECTORIELLES TERMINALES

Nous venons d'étudier de quelle façon l'infarctus du myocarde modifiait la courbe vectorielle QRS, soit dans son segment initial, soit dans son parcours; quelles sont les modifications apportées maintenant par les vecteurs anormaux sur le segment ST et la boucle T ? C'est tout la question des allodromies vectorielles terminales étudiées par H. KAUFMANN [52] selon les indications de J.-B. MILOVANOVICH.

Intérêt de la vectographie déroulée sur film (électrocardiovectographie).

Les boucles vectorielles T ainsi que le segment terminal de la grande boucle QRS sont très difficiles à examiner sur un tracé vectographique statique; la lenteur du processus de repolarisation ralentit en effet le spot de sorte que le raccord ST et la boucle T sont noyés dans un halo trouble et les anomalies créées par l'infarctus au niveau de ces segments sont presque indéchiffrables.

Pour y remédier, il faut s'adresser à l'électrocardiovectographie mise au point par J.-B. MILOVANOVICH et P. CANTONNET [18] depuis les premiers enregistrements de HOLMANN et HOLMANN (1937) [35]. L'électrocardiovectographie permet en effet d'enregistrer les boucles vectorielles sur une bande se déplaçant avec une vitesse constante, mais cependant réglable. De cette façon, la boucle T s'étire, se dessine nettement, tandis que le segment ST devient visible à l'œil nu.

Cette manière d'opérer possède deux autres avantages : celui, d'une part de pouvoir lire sur le film le sens de rotation des vecteurs, d'autre part celui d'isoler

le raccord ST qui, nous le savons, se marque en vectographie spatiale par un arrêt brusque du spot. De même qu'ils l'ont fait pour étudier les allodromies vectorielles initiales, E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVICH et H. KAUFMANN comparent chaque fois le vectogramme frontal et le vectogramme horizontal afin d'arriver à une synthèse spatiale du segment ST et de la boucle T.

Nous savons comment se présente à l'état normal la boucle T :

Que ce soit sur le plan frontal ou horizontal, la boucle T se trouve encastrée dans la boucle rapide QRS. Sur le vectogramme horizontal, elle se dirige en avant et à droite et tourne dans le même sens que la grande boucle QRS (sens antihoraire); sur le vectogramme frontal son sens de rotation est également celui de la grande boucle QRS (sens horaire).

La boucle T spatiale se dirige donc de bas en haut, de gauche à droite (gauche à droite du sujet) et d'avant en arrière. Son sens de rotation est horaire.

Quelles vont être les modifications apportées par l'infarctus sur la boucle T vectorielle ?

— Les boucles T peuvent être déviées soit vers la droite ou vers la gauche, mais le plus simple est de toujours comparer sa topographie par rapport à celle de la boucle rapide QRS. Les deux boucles vectorielles peuvent ainsi occuper des positions différentes ou avoir une direction totalement opposée ou être seulement oblique l'un par rapport à l'autre ou encore tendre à se superposer. Dans chaque cas, la projection géométrique de ces boucles T, quelle qu'étant leur position sur les axes des dérivations standard, unipolaires ou précordiales, donne lieu à une onde T positive ou négative ou encore diphasique vérifiée en électrocardiographie classique.

— La forme de la boucle T peut être elle-même perturbée.

Elle est essentiellement due à la vitesse du spot se déplaçant sur le tube cathodique : plus le spot accroît sa vitesse, plus la boucle T va se trouver agrandie et inversement.

— Le sens de rotation de la boucle T peut être inversé.

Normalement, lorsque le champ vectoriel se déplace vers la droite, on observe une rotation horaire et inversement lorsqu'il se déplace vers la gauche, on observe une rotation antihoraire. Ce qui est pathologique et pathognomonique d'une allodromie vectorielle, c'est de constater une inversion du sens de rotation de la boucle T, et ceci d'autant plus que coexistent fréquemment des rotations droites ou gauches des champs vectoriels.

En résumé, au point de vue pratique, lorsqu'on se trouve en présence d'un tracé vectographique d'infarctus, quelles sont les modifications apportées dans le sens de rotation de la boucle terminale T ?

Normalement, nous l'avons vu, le sens de rotation des boucles QRS et T est horaire dans le plan frontal, antihoraire dans le plan horizontal.

En cas d'infarctus, plusieurs éventualités peuvent se présenter; l'on peut en effet avoir :

- une inversion du sens de rotation des deux boucles dans chacun des deux plans : rotation antihoraire des boucles QRS et T dans le plan frontal, rotation horaire dans le plan horizontal;
- une boucle QRS de rotation anormale associée à une rotation de boucle T normale, caractéristique d'une allodromie de dépolarisation : boucle QRS antihoraire et boucle T horaire dans le plan frontal par exemple, tantôt la charnière

dessinant le point de jonction d'un huit de chiffre, tantôt le changement de direction se faisant au contraire d'une façon brutale sous forme d'une cassure;

- une boucle QRS de rotation normale associée à une rotation anormale de la boucle T, caractéristique d'une allodromie de repolarisation : boucle QRS horaire et boucle T antihoraire dans le plan frontal par exemple,

SEGMENT ST.

Segment ST. Sur un tracé vectographique spatial, le segment ST n'étant pas décalé, le départ de la boucle T se fait au même point que celui de la grande boucle QRS, et si le sens de rotation des deux boucles est le même, comme cela se passe normalement, le segment initial de la boucle T semble prolonger le segment terminal de la boucle rapide suivant un trait continu (SCHELLONG).

Le courant de lésion, on le sait, va produire un décalage du segment ST. Comment se traduit-il au point de vue pratique en électrocardiovectographie ?

Par le fait que l'on va pouvoir observer sur un tracé déroulé un intervalle entre le point de départ des deux boucles. La boucle rapide QRS, au lieu de revenir à son point de départ, s'arrête pendant un certain temps puis décrit la boucle T et revient ensuite à ce point de départ de sorte que la boucle QRS, le point d'arrêt ST et la boucle T vont former une anse unique tournant dans le même sens, anse seulement interrompue par un arrêt au point d'arrivée et au point de départ de la boucle rapide.

En projetant ce vectogramme sur le triangle d'EINTHOVEN, nous retrouvons sur les dérivations standard le décalage ST en sens inverse de l'onde T. Mais alors qu'en électrocardiographie classique, nous avons

vu qu'afin de retrouver le vecteur de lésion, il était indispensable de confronter le décalage ST dans les



FIGURE 14

trois dérivationes V_2 , V_6 et aVF , en vectographie spatiale nous l'avons immédiatement dans un plan tout au moins.

Les trois types de boucles T.

Nous avons entrevu de quelle manière l'étude des allodromies vectorielles initiales produites par l'infarctus permettait par la méthode vectographique spatiale un diagnostic positif et topographique précis. Il en est de même pour les allodromies vectorielles terminales portant sur le raccord ST et la boucle T. H. KAUFMANN a montré que l'on pouvait voir apparaître, par la méthode électrocardiovectographique, trois types essentiels de boucle T caractéristiques de l'infarctus, anomalies dont la correspondance se retrouve en électrocardiographie classique :

— une boucle T petite, qui, étudiée par la méthode électrocardiovectographique, tourne en sens inverse du sens de rotation de la boucle rapide QRS. Elle peut

ou rester normalement encastrée dans la boucle rapide, ou en être légèrement sortie. Cette forme pathologique de boucle T ne peut être utile quant à la topographie de la zone infarctée, étant trop difficile à analyser.



FIGURE 15

Ecvg F. — Boucle T petite, tournant en sens contraire de la boucle QRS. Infarctus précoce.

— une boucle T allongée, très ample, se dirigeant dans la même direction que le segment initial de la



FIGURE 16

Ecvg H. — Grande boucle T encadrant l'allodromie initiale. Séquelle

boucle rapide QRS, l'encadrant telle une pince entre ses deux bras. Cette allodromie correspondrait au vecteur de nécrose ou vecteur virtuel par défaut, déjà responsable des allodromies initiales. Ce vecteur modifierait donc la boucle T exactement de la même façon et correspondrait au trou électrique qui retentit aussi bien sur l'onde de dépolarisation que sur l'onde de repolarisation (E. DONZELOT, J.-B. MILOVANOVICH et H. KAUFMANN) et qui serait enregistrable par le phénomène schématique de la « lucarne ». Elle serait donc toujours due à la zone de nécrose ou cicatricielle et signerait la présence d'un infarctus toujours ancien.

Sa valeur topographique est en tous les cas primordiale, car la direction de cette boucle T donne celle de la région infarctée. En cas d'infarctus antérieur, en effet, l'étude du vectogramme horizontal nous montre qu'elle pointe en avant, ce qui correspond en dérivation V_2 à l'onde T négative; en cas d'infarctus postérieur au contraire, l'étude du vectogramme horizontal nous montre qu'elle pointe en arrière, ce qui correspond en dérivation V_6 à l'onde T positive.

— Nous pouvons enfin avoir affaire à un troisième type de boucle T : en cas de décalage ST, la boucle T forme une anse unique avec la boucle rapide QRS et le sens de rotation des vecteurs est homologue sur chacune des deux boucles (fig. 14).

L'étude des allodromies vectorielles nous montre de la sorte l'intérêt de la méthode vectographique spatiale, (vectographie statique et électrocardiovectographie), combien le diagnostic positif et topographique de l'infarctus du myocarde devient plus sûr et plus simple. Il est d'autre part facile, si l'on utilise les vectogrammes négatifs comme le fait J.-B. MILOVANOVICH, de déduire à partir des courbes vectorielles les tracés électrocardiographiques. Nous retrouvons alors sur

chaque axe classique ou précordial les anomalies vectorielles produites par l'infarctus.

Ceci nous permet, les cas douteux étant plus fréquents en électrocardiographie classique qu'en vectographie spatiale, de toujours choisir cette dernière en cas d'incertitude.

CAS COMPLEXES

Maintenant que nous avons étudié de quelle façon la méthode vectographique spatiale traduisait l'infarctus du myocarde, dans sa topographie et dans son évolution, voyons en l'appliquant comme il devient possible de signer rapidement un diagnostic.

L'infarctus du myocarde, en effet, ne survient pas sur un organe parfaitement sain, chez un sujet dont la structure anatomique est parfaite; il peut se trouver associé à une hypertrophie ou auriculaire ou ventriculaire, encore à un trouble de la conduction intrinsèque, un bloc de branches, etc.

Nous ne pouvons ici énumérer en détail, les associations possibles dans la pathologie cardiaque, nous ne nous occuperons brièvement que des cas d'hypertrophie ventriculaire ou des allodromies de conduction associées à la lésion myocardique. Tous les auteurs classiques qui se sont occupés d'électrocardiographie nous ont donné en détail les anomalies électriques qui traduisaient ces phénomènes. Dernièrement, des auteurs, tels que WILSON, JONHSTON, CABRERA, COEHLO, SOULIÉ, VASTESAEGER [12-31-53-54] nous ont encore fait part de leurs intéressantes recherches. Ici encore, la méthode vectographique spatiale a trouvé une fois de plus son application remarquable puisqu'elle permet un diagnostic différentiel rapide et sûr.

Hypertrophies ventriculaires.

Certaines conditions hémodynamiques, en augmentant le travail de certaines cavités du cœur par une élévation de la pression sanguine ou du volume sanguin, peuvent conduire à un état anatomique de dilatation cavitaire, d'épaississement de la paroi musculaire.

Du point de vue électrique, comment cette hypertrophie va-t-elle se traduire ? D'une part, par une déviation de l'axe électrique cardiaque, d'autre part par un retard de conduction et nous le comprenons aisément. Les déviations d'axe électrique du cœur, que l'on voit apparaître en électrocardiographie classique en cas d'hypertrophie ventriculaire, sont essentiellement dues à une modification de la position de l'axe anatomique du cœur, nous l'avons déjà rappelé. Il en résulte que, au cours de ces déplacements les boucles vectorielles spatiales vont subir autour de leur charnière basale postérieure des rotations homologues.

Ainsi, l'hypertrophie ventriculaire droite va-t-elle se traduire par une déviation de l'axe électrique vers la droite avec rotation droite des boucles vectorielles



FIGURE 17
Tracé d'hypertrophie droite

(ventricule gauche en arrière) ; l'hypertrophie gauche, la plus fréquente, par une déviation de l'axe électrique vers la gauche avec rotation gauche des boucles vecto-

rielles (ventricule gauche en avant). La correspondance se retrouve en électrocardiographie classique : hypertrophie droite (type $S_1 R_2$), hypertrophie gauche (type $R_1 S_2$).



FIGURE 18

Tracé d'hypertrophie gauche

En haut : vectogramme frontal.

En bas : vectogramme horizontal.

Du fait de l'hypertrophie de la paroi, l'onde d'excitation va se trouver retardée et va retentir sur l'onde lente de repolarisation T. En vectographie, la boucle lente T, homologue de l'onde T électrocardiographique, va sortir de la grande boucle QRS qui l'encadre et tendre à former avec elle une grande boucle unique.

En cas d'infarctus du myocarde surajouté, on constate toujours une inversion du sens de rotation des vecteurs, caractéristique essentielle de l'apparition de

vecteurs anormaux (allodromie vectorielle). L'infarctus accompagne le plus fréquemment l'hypertrophie ventriculaire gauche, de sorte que le vectogramme traduit :

- une déviation gauche de l'axe;
- une rotation droite des vecteurs.

En cas d'hypertrophie droite, avec infarctus :

- déviation droite de l'axe;
- rotation gauche des vecteurs.

Donc en somme, diagnostic aisé.

Blocs de branche.

Quand il s'agit de troubles de la conduction, la méthode vectographique traduit les allodromies vectorielles pures dites de conduction. Du fait de l'intersection brutale qui bloque en chemin l'onde d'excitation, les anomalies des tracés décrites en électrocardiographie classique vont se traduire en vectographie par :

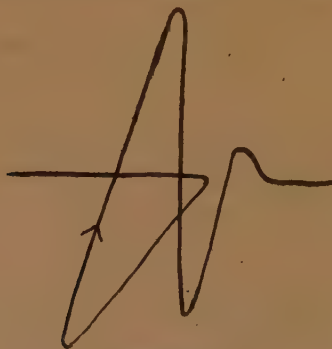


FIGURE 19

Bloc de branche gauche

D'abord excitation au ventricule droit, puis excitation du ventricule gauche, d'où image en huit de chiffre.

- un développement de la boucle QRS du côté droit si le bloc de branche est gauche;

- un développement de la boucle QRS du côté gauche si le bloc de branche est droit (droite et gauche du sujet).

En général, le sens de rotation des vecteurs est gauche pour le bloc de branche gauche et droit pour le bloc de branche droit.

Le diagnostic est donc ici encore aisé; il en est tout autrement lorsqu'à cette image de bloc se surajoute un infarctus. Il est encore relativement facile lorsqu'il s'agit d'un bloc de branche droit car l'infarctus modifie surtout le début du complexe QRS (Q profond, allodromie initiale) et que le bloc de branche droit modifie la fin de cette figure (onde R tardive); de plus, les modifications du segment ST sont alors visibles.

C'est en cas de bloc de branche gauche que le diagnostic est le plus difficile car dans ce cas, le bloc de branche modifie et le début du complexe QRS et le segment ST.

Par la méthode électrocardiographique classique, le diagnostic est presque impossible; en vectographie, il faut s'en référer à deux notions :

- le calcul du gradient ventriculaire;
- l'association d'une allodromie initiale et d'une allodromie terminale.

*
**

Le diagnostic différentiel le plus difficile en électrocardiographie classique est le diagnostic d'un tracé subnormal : comment dans ce cas, affirmer l'existence ou l'absence d'infarctus ? C'est le cas par exemple d'une onde Q₃ à la limite des critères classiques, ou d'un crochetage. Tout s'éclaire en vectographie par la notion d'allodromie initiale : tel crochetage pourra

répondre à une simple sinuosité de la boucle sans valeur pathologique ou à un spicule avec cassure et ralentissement du spot, caractéristique de l'infarctus. Ce seul fait, dont la valeur pratique est incontestable, révèle à lui seul l'intérêt capital de la méthode vectographique spatiale en pathologie cardiaque.

La difficulté restera naturellement toujours de distinguer une allodromie initiale d'une anomalie simplement topographique due à un changement de position du cœur; également la valeur d'un crochetage discret qui peut aussi bien répondre à une anomalie vectorielle qu'à une sinuosité légère du vectogramme sans valeur pathologique. L'erreur nous paraît cependant moins fréquente dans chaque cas particulier quand il s'agit de vectographie.

CONCLUSION

La vectographie constitue une manière de représenter le déroulement des phénomènes électriques cardiaques plus simple, plus précise et plus complète que l'électrocardiographie classique, même lorsque l'on multiplie les dérivations.

Nous nous sommes attachés dans ce travail :

- à rappeler les bases essentielles de la représentation des phénomènes électriques du cœur tant en électrocardiographie classique qu'en vectographie;
- à montrer comment un électrocardiogramme ou un vectogramme normal se déformait au cours d'un infarctus du myocarde pour donner les images pathologiques : images d'ischémie, de lésion, ou de nécrose; nous avons repris l'explication physique de ces modifications;
- nous avons esquissé le diagnostic pratique de l'infarctus du myocarde en vectographie. Ce diagnostic repose essentiellement sur la notion d'allodromie vectorielle initiale et, en outre, sur les anomalies du raccord ST et sur celles de la boucle T (allodromie vectorielle terminale);
- nous avons posé la question des cas complexes : infarctus surajouté à une hypertrophie ventricu-

laire ou à un bloc de branche. Nous avons enfin insisté sur la précision et la simplicité du diagnostic vectographique de l'infarctus du myocarde.

Vu, le Doyen :

BINET

Vu, le Président de Thèse :

DONZELOT

Vu et Permis d'Imprimer,
Le Recteur de l'Académie de Paris :
SARRAILH

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — WALLER. — (*Journal Physiol.*, 8 : 299, 1887. *Philos. Trans. R. Soc.*, London 180, 1889, B. 186.)
- 2 — EINTHOVEN (W.). — Ueber die Form des Menschlichen Elektrokardiogrammus. (*Pflüger's Archiv. f. d. Ges. Phys.*, 60, 1895, 101-123.)
- 3 — EINTHOVEN (W.). — (*Pflüger's Arch. f. d. Ges. Physio.*, 89, 472, 1903 et *Arch. Internation. de Physiol.*, 4, 132, 1906-1907.)
- 4 — SMITH (J.-B.). — The ligation of coronary arteries with electrocardiographic study. (*Arch. Int. Méd.*, 22, 8 june 1918.)
- 5 — HERRICK (J.-B.). — Thrombosis coronary arteries. (*J. Am. Med. Ass.*, 72, 1919, 387-390.)
- 6 — PARDEE (H.-E.-B.). — (*Arch. Int. Med.*, 26, 244, 1920.)
- 7 — MANN (Hubert). — A method of analyzing the electrocardiogram. (*Arch. of International Medecine*, 25, 1920, 283 et *Am. Heart J.*, 15, 1928, 68 IW.)
- 8 — SAVJALOFF. — (*Zeit. Kreisl.*, 21, 1929, 705 et 737.)
- 9 — WILSON (F.-N. et Al.). — Precordial E. C. G. (*Am. Heart J.*, 27, 19, 1944.)
- WILSON (F.-N.), JOHNSTON, ROSENBAUM and collaborators. — The precordial electrocardiogram. (*Amer. Heart. Journ.*, janvier 1944.)

- WILSON (F.-N.), MAC LEOD et BARKER. — (*J. Gen. Physiol.*, 16, 423, 1933.)
- WILSON (F.-N.), MAC LEOD, BARKER et JOHNSTON (F.-D.). — (*Am. Heart J.*, 10, 46, 1934.)
- WILSON (F.-N. et Al.). — The interpretation of the galvanometric curves obtained when one electrode is distant from the heart and the other near or in contact with the ventricular surface. (*Am. Heart J.*, 10, 163, 1934.)
- 10 — GOLDBERGER (E.). — Unipolar lead electrocardiography. Lea and Gebiger, 1947.
- GOLDBERGER (E.). — A simple electrocardiographic electrode of zero potential and a technic of obtaining augmented unipolar extremity leads. (*Amer. Heart J.*, 23, 483, 1942.)
- 11 — BURCH (George) et WINSOR (Travis). — Précis d'Electrocardiographie. Doin, 1948.
- 12 — CARRERA (Enrique). — Bases électrophysiologiques de l'électrocardiographie. Masson, 1948.
- 13 — JOUVE (A.); SENEZ (J.) et PIERRON (J.). — Diagnostic électrocardiographique. Masson, 1946.
- 14 — SOULIÉ (P. et collab.). — Les dérivations précordiales dans la maladie coronarienne. (*Congrès Cardiologique de Royat*, 1940, Baillière, Paris, 1947.)
- 15 — SCHELLÖNG (F.). — (*Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med.*, 46, Congr. Wiesbaden, 1936, 288; *Dtsch. Med. Woch.*, 11, 1937; *Kl. Woch.*, I, 1938, 453.)
- 16 — SULZER (R.) et DUCHOSAL (P.-W.). — Le cardiovectogramme normal. (*Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta*, 1946, 4-4-2, p. 285-295.)
- SULZER (R.) et DUCHOSAL (P.-W.). — Limite et avenir de la cardiovectographie. (*Acta Cardiologica*, 2-2, 1947, p. 159-166.)
- DUCHOSAL (P.-W.), GROSGURIN (J.), SULZER (R.). — Etude

- des relations entre le vectocardiogramme et les dériva-
tions précordiales. (*Bull. de l'Académie Nat. de Méde-
cine*, le 29-30 — Sce du 12 octobre 1948, p. 523-525.)
- SULZER (R.) et DUCHOSAL (P.-W.). — Principes de cardio-
graphie — La stéréographie. (*Cardiologie*, IX, 1^{er} février
1945; in : *Archives des Maladies du Cœur et des Vais-
seaux*, n° 1-2, janvier-février 1947, p. 60.)
- 17 — ROCHET et VASTESAEGER (M.-M.). — Le vectogramme de
l'homme normal. (*Soc. Belge Cardiologie*, 10 mai 1942;
Travaux Lab. Inst. Solvay Physiol., 1944, 29, fasc. 4.)
- VASTESAEGER (M.-M.) et ROCHET (J.). — Les aspects phy-
siologiques et quelques-uns des aspects pathologiques du
vectocardiogramme chez l'homme. (*Soc. Belge de Cardio-
logie*, 10 janvier 1943.)
- VASTESAEGER (M.-M.), ROCHET (J.), présenté par RIJLANT. —
Relief vrai et faux relief en stéréo-cardiovectographie.
(*Société Belge de Cardiologie*, séance du 26 février 1944;
in : *C. R. de la Société de Biologie*, le 23-24 décembre
1944, p. 292-294.)
- 18 — CANTONNET (P.) et MILOVANOVICH (J.-B.). — Electrocardio-
vectographie (E. C. V. G.) plane et spatiale chez l'homme,
p. 263. (*Séance Soc. Biol. Paris*, 26 avril 1947; in : *Presse
Médicale*, 1947, 1943.)
- 19 — DONZELOT (E.) et MILOVANOVICH (J.-B.). — Introduction à
la vectographie spatiale et à l'électrocardiographie vec-
torielle. (*Arch. des Maladies du Cœur et des Vaisseaux*,
n° 11, novembre 1948, p. 587-601.)
- 20 — LAUBRY (C.) et SOULÉ (P.). — Maladies des coronaires.
Masson, 1943.
- 21 — FISHBERG, NITZIG et KING. — Dynamiques circulatoires
dans l'infarctus du myocarde. (*Arch. of International
Méd.*, n° 6, décembre 1934.)
- DOGLIOTTI (G.-C.) et BERETTA (A.). — Syndrome hémody-
namique dans deux cas d'inf. du myocarde. (*Cuore e Cir-*

- colazion, 23, 5 mai 1939; in : *Arch. des Mal. du Cœur et des Vaisseaux*, n° 11-12, novembre-décembre 1939, p. 1020.)
- SHOOKHOFF (C.), DOUGLAS (A.-H.) et RABINOWITZ (M.-A.). — Sedimentation times in acute cardiac infraction. (*Ann. Int. Med.*, 9, 1101-1105, février 1936.)
- BICKEL, MOZER et SCICLONOFF. — La sédimentation globulaire dans l'infarctus du myocarde (sa signification diagnostique et pronostique). (*Arch. Mal. Cœur et des Vaisseaux et Sang*, février 1935.)
- 22 — WAREMBOURG et GARCENOT. — Sur le syndrome humoral de l'infarctus du myocarde. (*Réunion Médico-Chirurgicale des Hôpitaux de Lille*, séance de janvier 1939; in : *L'Echo Médical du Nord*, 28 février 1939, n° p. 113.)
- HERMANN (G.) et DECHERD (G.). — Creatine and glycogene content of normal and infarcted heart muscle of dog. (*Proc. Soc. Experim. Biol. and Med.*, 32, 1304-1305, mai 1935.)
- 23 — JOLY (F.). — (*Archiv. des Maladies du Cœur*, 37, 42, 1944.)
- 24 — KOSSMANN (E.) et JOHNSTON (F.-D.). — The precordial electrocardiogram. (*Am. Heart J.*, 10, 925, 1935.)
- 25 — PARDEE (H.-E.-B.). — Clinical aspects of the electrocardiogram. Paul B. Hoeber, New-York, 1947.
- 26 — SOULIÉ (P.) et LAHAM (J.). — La dérivation xyphoïdienne VE 2 normale et pathologique. (*Arch. des Maladies du Cœur*, n° 11, novembre 1948, p. 602-607.)
- 27 — LENÈGRE (J.) et MAURICE (P.). — (*Arch. des Mal. du Cœur*, 38, 298, 1945.)
- 28 — BATTRO (A.) et BIDOGGIA (H.). — (*Am. Heart J.*, 33, 604, 1947.)
- 29 — PALLARES (Sodi et al.). — (*Am. Heart J.*, 33, 819, 1947.)
- 30 — KOSSMANN (Ch.-E. et al.). — (*Am. Heart J.*, 35, 309, 1948.)
- 31 — COELHO (E. et collab.). — Les dérivations intracardiaques

dans les hypertrophies ventriculaires et les blocs de branches. (*Arch. des Maladies du Cœur*, n° 11, novembre 1948, 577-585.)

- 32 — EINTHOVEN (W.). — (*The Lancet*, 1912.)
- 33 — SULZER (R.). — (*Arch. Inter. Physiolog.*, 43, 1936, 82.)
- 34 — HELLER, SCHWINGEL. — (*Zt. Kreisl.*, 29, 1937, 497.)
— SCHWINGEL. — (*Zt. Kreisl.*, 29, 1937, 596.)
- 35 — HOLLMANN (H.-E.), HOLMANN (U.-W.). — (*Zt. Kreisl.*, 29, 1937, 546; *Zeit.*, 1937, 147; *Arch. Kreisl.*, 3, 1938, 191; *Z. Kl. Med.*, 134, 1938, 732.)
— HOLLMANN (H.-E.) et GUCKES (E.). — Das triogram und Seine Klinische Bedeutung. (*Arch. Kreislaufforsch.*, 4, 69, 1939.)
- 36 — WILSON (F.-N.) et JOHNSTON (F.-D.). — (*Am. Heart J.*, 16, July 1938, n° 1.)
- 37 — POURET (P.). — Démonstrations de vectocardioscopie. Maison de la Chimie, 1943.
- 38 — MINOT (G.). — (*Arch. Mal. Cœur*, mai-juin 1945.)
- 39 — DONZELOT (E.), MEYER-HEINE (A.) et PELAEZ (M.). — (*Arch. des Mal. du Cœur*, 32, 573, 1939.)
- 40 — BURGER (H.-C.), VAN MILIAN (J.-B.). — Dérivations et vecteurs cardiaques. (*British Heart Journal*, 9, 3 juillet 1947.)
- 41 — FATTORUSSO (V.) et RITTER (O.). — Atlas d'électrocardiographie. Masson, 1948.
- 42 — ROUTIER (D.). — Le vectogramme. (*Arch. Mal. du Cœur*, 2, 1938, 697-704.)
- 43 — BARDIN (P.) et MAYONNADE (G.). — Notions élémentaires de vectographie et d'électrocardiographie vectorielle. (*Sem. des Hôpitaux*, 16, 28 février 1949, p. 693-698.)
- 44 — MINOT (G.). — Les techniques vectographiques. (*Société Française de Cardiologie*, 18 mars 1943; in : *Presse Médicale*, 19, 12 mai 1945, p. 246.)

- 45 — MINOT (M.). — La vectocardiographie avec démonstrations. (*Société Médicale et Anatomoclinique de Lille*, séance du 12 mars 1946; in : *Journal des Sciences Médicales de Lille*, n° 8, 14 avril 1946, p. 126-127.)
- MINOT (M.). — Techniques vectographiques. (*Société Française de Cardiologie*, séance du 18 mars 1945; in : *Arch. des Maladies du Cœur*, n° 5-6, mai-juin 1946, p. 127-131.)
- 46 — SHELLONG (F.), SCHWINGEL (E.). — Das Vektordiagramm; eine Untersuchemgsmethode der Herzens : über die Bedeutung von Knotungen und Aufsplitterungen in QRS des EKG. (*Ztschr. f. Kreislaufforsch*, 29, 596-607, auf 15, 1937.)
- 47 — HOLLMANN (H.-E.). — Demonstration zur Mehrphasen — Vehrphasen Vektordiagraphie. (*Verhandl. d. Deutsch. Gesellich. f. Kreislaufforsch*, p. 134-135, 1935.)
- 48 — WILSON (F.-N.) et JOHNSTON (F.-D.). — Vëctorcardiogramm. (*Am. Heart J.*, 16, 14-28, juillet 1938.)
- 49 — MEYER (P.), HERR (R.). — Remarques générales sur la cardiovectographie. (*Société Française de Cardiologie*, séance du 19 mai 1946, p. 192, 2, 3.)
- 50 — MEYER (P.) et HERR (R.). — Remarques générales sur la cardiovectographie. Etudes vectographiques au cours de l'infarctus du myocarde. (*Soc. Française de Cardiologie*, 19 mai 1946.)
- 51 — DONZELOT (E.), MILOVANOVICH (J.-B.) et KAUFMANN (H.). — Les allodromies vectorielles initiales. Solution spatiale du problème des ondes Q. (*Arch. des Maladies du Cœur*, n° 11, novembre 1948, p. 629-644.)
- 52 — KAUFMANN (H.). — Travail fait dans le service du Professeur DONZELOT. Les allodromies vectorielles terminales. Etudes vectographiques de l'onde T dans l'infarctus du myocarde. (*Arch. des Maladies du Cœur*, sous presse.)
- 53 — SOULIÉ (P.), PAJANICÔULIS (Ignace), JOLY (F.) et UYTENHOVE (Ph.). — Considération sur les blocs de branches à

- propos de 252 cas. (*Arch. des Mal. du Cœur*, n° 11, novembre, p. 614 à 627.)
- 54 — SEGERS, VASTESAEGER et DENOLIN. — Les différents aspects des troubles de la conduction intraventriculaire. (*Arch. Cardiol.*, tome II, fasc. II, 1947.)
- VASTESAEGER. — Troubles de la conduction intraventriculaire chez l'homme. (*Acta Cardiologica*, suppl. 1946.)
- 55 — DONZELOT (E.) et PELAEZ (M.). — De l'utilité des dérivations IV et V pour le diagnostic des infarctus du myocarde. (*Arch. des Maladies du Cœur et des Vaisseaux*, 1938, n° 4.)
- 56 — SCHOCKEN (K.). — Le vectocardiogramme, sa construction et sa valeur. (*Experimental Medicine and Surgery*, 5, 4 nov. 1947, p. 395-404.)
- 57 — DRESSLER (W.) et ROESLER (R.). — Les grandes ondes T dans l'infarctus du myocarde au stade initial. (*Amer. Heart Journal St-Louis*, 34, 5 novembre 1947, p. 627-646.)
- 58 — HOWARD (F.-M.). — Méthode pour construire un vectoëardiogramme à partir de l'électrocardiogramme de Einthoven. (*American Heart Journal, St-Louis*, 31, 2 février 1946.)

